



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA TÉCNICA EN INFORMÁTICA DE**

**SISTEMAS**

**Diseño de la red de datos de edificios TIN**

Estefanía Rodríguez Quirós

9 de septiembre de 2015





# **ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA**

## **INGENIERÍA TÉCNICA EN INFORMÁTICA DE SISTEMAS**

### **Diseño de la red de datos de edificios TIN**

- Departamento: Ingeniería en Automática, Electrónica, Arquitectura y Redes de Computadores
- Directores del proyecto: Fernando Pérez Peña y Carlos Rodríguez Cordon
- Autor del Proyecto: Estefanía Rodríguez Quirós

Cádiz, 9 de septiembre de 2015

Fdo: Estefanía Rodríguez Quirós



Título del proyecto: Diseño de la red de Datos de Edificios TIN  
Código o referencia de identificación: P1  
Diseñado para Encuéntralo Online, España.

**Persona que ha encargado el proyecto**

**Nombre:** Empresa Encuéntralo Online

**Dirección profesional:** Calle Pinos, nº 9, Cádiz, España

**Correo electrónico:** encuentraloonline@gmail.com

**Autora del proyecto**

**Nombre y apellidos:** Estefanía Rodríguez Quirós

**DNI:** 76443882-R

**Correo electrónico:** estefania.rodriguezquiros@alum.uca.es



# Índice general





Capítulo 1 .....	1
Memoria .....	1
1.1. Objeto.....	5
1.2. Alcance .....	5
1.3. Antecedentes .....	6
1.4. Características físicas de los inmuebles.....	10
1.5. Normas y referencias .....	11
1.5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas .....	11
1.5.2. Programas .....	11
1.6. Definiciones y abreviaturas .....	12
1.7. Requisitos de diseño .....	15
1.8. Estudio de alternativas y Análisis de soluciones .....	16
1.8.1. Tecnología Ethernet, Clase y tipo de cableado horizontal .....	16
1.8.2. Tecnología Ethernet, Clase y tipo de cableado troncal .....	17
1.8.3. Tomas de telecomunicaciones .....	17
1.8.4. Diseño de la red .....	19
1.8.5. Porcentaje de crecimiento permitido .....	20
1.8.6. Switches de la red.....	20
1.8.7. UPS (Uninterruptible Power Supplies) para los repartidores.....	26
1.8.8. Configuración de los dispositivos .....	28
1.9. Topología de la red .....	41
1.10. Planificación.....	44
1.11. Orden de prioridad entre los documentos básicos.....	45
Capítulo 2 .....	47
Estudio teórico.....	47
2.1. Tecnologías Ethernet .....	51
2.1.1. Especificaciones IEEE 802.3 10 Mbps (ETHERNET) .....	51
2.1.2. Especificaciones IEEE 802.3 100 Mbps (FAST ETHERNET) .....	52
2.1.3. Gigabit Ethernet.....	54
2.1.4. ETHERNET de 10 Gbps .....	55
2.1.5. Ethernet a 40 Gbps y 100 Gbps .....	56
2.2. Redes jerárquicas .....	58
2.2.1. Introducción.....	58
2.2.2. Capa de acceso .....	58
2.2.3. Capa de distribución .....	59
2.2.4. Capa núcleo .....	59
2.2.5. Beneficios de una red jerárquica .....	59
2.2.6. Principios de diseño de redes jerárquicas .....	60

2.2.7.	¿Qué es una red convergente? .....	62
2.2.8.	Consideraciones para los switches de redes jerárquicas.....	63
2.3.	Switches .....	66
2.3.1.	Características de los switches .....	66
2.3.2.	Funcionalidad de la PoE y de la Capa 3 .....	69
2.3.3.	Características del switch en una red jerárquica.....	69
2.4.	Sistema de cableado genérico .....	73
2.4.1.	Estructura del sistema de cableado genérico en edificios de oficinas .....	73
2.4.2.	Prestaciones de canal en edificios de oficina.....	85
2.4.3.	Referencias de implementación en edificios de oficina .....	105
2.4.4.	Requisitos de cable en edificios de oficinas .....	113
2.4.5.	Requisitos del hardware de conexión en edificios de oficina.....	114
2.4.6.	Requisitos para latiguillos y puentes en edificios de oficinas .....	120
2.4.7.	Aplicaciones soportadas .....	123
2.5.	Configuración de los switches .....	128
2.5.1.	Configuración básica .....	128
2.5.2.	Configuración con máxima seguridad.....	129
2.5.3.	Configuración centralizada de VLANs .....	131
2.5.4.	Configuración de STP rápido .....	135
Capítulo 3	.....	141
Planos	.....	141
3.1.	Planos del cableado vertical en cada edificio .....	145
3.2.	Planos del cableado horizontal de cada planta.....	145
3.3.	Plano de campus .....	156
3.4.	Plano de los repartidores.....	156
3.5.	Topología física .....	163
3.6.	Topología lógica .....	164
3.7.	Distribución de VLANs .....	164
Capítulo 4	.....	169
Pliego de condiciones	.....	169
4.1.	Condiciones de ejecución .....	173
4.1.1.	Partidas de obra .....	173
4.1.2.	Dirección de obra y ejecución material .....	175
4.1.3.	Procedimientos de ejecución .....	175
4.1.4.	Normas de rotulación .....	176
4.2.	Prescripciones técnicas .....	177
4.2.1.	Cableado de cobre .....	177
4.2.2.	Conector RJ-49.....	183

4.2.3. Latiguillos de parcheo de Categoría 6A en repartidores .....	183
4.2.4. Fibra óptica.....	183
4.2.5. Conectores LC dúplex .....	184
4.2.6. Latiguillos de parcheo de fibra óptica en repartidores .....	184
4.2.7. Tomas de telecomunicaciones .....	184
4.2.8. Repartidores.....	185
4.2.9. Patch Panels.....	185
4.2.10. Switches.....	186
4.2.11. UPS .....	186
4.2.12. Canaletas.....	186
4.3. Condiciones de certificación.....	186
4.3.1. Generalidades .....	186
4.3.2. Parámetros y medidas a realizar .....	187
4.3.3. Formato de certificación.....	187
Capítulo 5 .....	189
Mediciones .....	189
5.1. Instalación del cableado.....	193
5.1.1. Cableado de Categoría 6A.....	193
5.1.2. Conectores RJ-49.....	194
5.1.3. Fibra óptica OM3 .....	194
5.1.4. Latiguillos de parcheo de fibra óptica .....	195
5.1.5. Repartidores.....	195
5.1.6. Patch panel para cableado de Categoría 6A .....	196
5.1.7. Patch panel para fibra óptica .....	196
5.1.8. Canaletas.....	197
5.1.9. Rosetas.....	197
5.2. Instalación y configuración de dispositivos.....	198
5.2.1. Switches.....	198
5.2.2. UPS .....	199
5.2.3. Módulos SFP+ para los switches de la capa de acceso .....	199
5.3. Total de materiales y dispositivos.....	199
Capítulo 6 .....	201
Presupuesto.....	201
6.1. Partidas de obra.....	205
6.1.1. Diseño del proyecto.....	205
6.1.2. Instalación del cableado.....	205

6.1.3.	Certificación del cableado .....	205
6.1.4.	Instalación y configuración de dispositivos.....	206
6.2.	Presupuesto global .....	206
Anexo A.....		209
Fichas técnicas.....		209

# Lista de figuras

Figura 1. Esquema PVST+ de la red.....	41
Figura 2. Topología lógica de la red.....	42
Figura 3. Topología física de la red.....	43
Figura 4. Diagrama de Gantt del proyecto .....	44
Figura 5. Modelo de redes jerárquicas.....	58
Figura 6. Diámetro de una red.....	61
Figura 7. Agregado de enlaces .....	61
Figura 8. Diagrama de topología .....	66
Figura 9. Ejemplo de densidades de puerto.....	67
Figura 10. Agregado de puertos .....	68
Figura 11. Puertos PoE.....	69
Figura 12. Estructura del cableado genérico .....	75
Figura 13. Estructura jerárquica del cableado genérico .....	75
Figura 14. Estructuras para cableado genérico centralizado .....	78
Figura 15. Modelos de interconexión y conexión cruzada.....	79
Figura 16. Interfaces de prueba y equipo para cableado troncal .....	80
Figura 17. Interfaces de prueba y de equipo.....	80
Figura 18. Sistema de cableado genérico con repartidores de planta y edificio combinados.....	82
Figura 19. Conexión de elementos funcionales que proporcionan redundancia .....	82
Figura 20. Ejemplo de canal horizontal.....	85
Figura 21. Sistema donde se muestran las interfaces de cableado .....	86
Figura 22. Modelo Interconexión – TO.....	106
Figura 23. Modelo Conexión cruzada – TO .....	107
Figura 24. Modelo interconexión – CP – TO .....	107
Figura 25. Modelos de cableado horizontal .....	107
Figura 26. Modelo de cableado troncal .....	109
Figura 27. Canal “parcheado” combinado.....	112
Figura 28. Canal “empalmado” combinado .....	112
Figura 29. Canal “directo” combinado .....	112
Figura 30. Interfaces de acuerdo con la serie de Normas EN 60603-7 excepto la Norma EN 60603-7-7 .....	119
Figura 31. Interfaz de acuerdo con la Norma EN 60603-7-7 .....	119
Figura 32. Vista frontal de las asignaciones de pines y grupos de pares del hardware de conexión según la Norma EN 61076-3-104 .....	120
Figura 33. Plano de campus.....	156
Figura 34. Repartidor de la planta baja del edificio A.....	158
Figura 35. Repartidor de la 1ª planta del edificio A .....	159
Figura 36. Repartidor de la planta -2 del edificio A.....	160
Figura 37. Repartidor de la planta baja del edificio B.....	161
Figura 38. Repartidor de la 1ª planta del edificio B. ....	162
Figura 39. Topología física de la red.....	163
Figura 40. Topología lógica de la red.....	164
Figura 41. VLANs en los switches de la capa de acceso del repartidor A0.....	165
Figura 42. VLANs en los switches de la capa de acceso del repartidor A1 .....	165
Figura 43. VLANs en los switches de la capa de acceso del repartidor A-2.....	166
Figura 44. VLANs en los switches de la capa de acceso del repartidor B0 .....	166

Figura 45. VLANs en los switches de la capa de acceso del repartidor B1 .....	167
Figura 46. Cableado de Categoría 6A S/FTP .....	178
Figura 47. Conector RJ-45 a la izquierda y RJ-49 a la derecha .....	183
Figura 48. Conectores LC dúplex.....	184
Figura 49. Repartidor de 32 U de la serie I700. ....	185
Figura 50. Patch Panel de fibra óptica con 24 puertos LC dúplex multimodo.....	186

# Lista de tablas

Tabla 1. Puestos de trabajo en el edificio A .....	9
Tabla 2. Puestos de trabajo en el edificio B .....	9
Tabla 3. Puestos de trabajo en el Edificio A.....	18
Tabla 4. Puestos de trabajo en el Edificio B.....	18
Tabla 5. Tomas de telecomunicaciones en el Edificio B.....	18
Tabla 6. Tomas de telecomunicaciones en el Edificio A .....	19
Tabla 7. Crecimiento de puertos permitido .....	20
Tabla 8. Switches para la capa de acceso. ....	21
Tabla 9. Switches de las capas de distribución y núcleo .....	24
Tabla 10. UPS para los repartidores .....	27
Tabla 11. Configuración de velocidad y modo dúplex.....	28
Tabla 12. Comandos para verificar configuraciones de un switch.....	29
Tabla 13. Configurar un banner.....	30
Tabla 14. Configurar la contraseña del puerto de consola. ....	30
Tabla 15. Configurar la contraseña del puerto de consola. ....	31
Tabla 16. Configurar la contraseña del modo EXEC privilegiado.....	32
Tabla 17. Configurar la seguridad de cada puerto.....	32
Tabla 18. Crear una VLAN. ....	33
Tabla 19. Asignar puertos a una VLAN.....	34
Tabla 20. Configuración de la interfaz de administración de un switch .....	36
Tabla 21. Configuración del gateway predeterminado de un switch .....	36
Tabla 22. Configurar enlace troncal. ....	37
Tabla 23. Restablecimiento de valores configurados en enlaces troncales. ....	39
Tabla 24. Configuración de switch servidor.....	39
Tabla 25. Configuración de switch cliente. ....	39
Tabla 26. Configuración de switch cliente. ....	40
Tabla 27. Alternativas para IEEE 802.3 10 Mbps.....	52
Tabla 28. Alternativas para IEEE 802.3 100BASE-T .....	53
Tabla 29. Máximas longitudes de canal para implementaciones de referencia.....	81
Tabla 30. Entornos de canal .....	87
Tabla 31. Detalles de clasificación ambiental .....	88
Tabla 32. Límites de pérdidas de retorno para configuración de canal a frecuencias clave .....	90
Tabla 33. Límites de pérdidas de inserción para configuración de canal a frecuencias clave.....	91
Tabla 34. Límites de NEXT para configuración de canal a frecuencias clave.....	91
Tabla 35. Límites PSNEXT para configuración de canal a frecuencias clave .....	92
Tabla 36. Límites de ACR para configuración de canal a frecuencias clave .....	93
Tabla 37. Límites de PSACR para configuración de canal a frecuencias clave.....	93
Tabla 38. Límites ELFEXT para configuración de canal a frecuencias clave .....	94
Tabla 39. Límites PSELFEXT para configuración de canal a frecuencias clave.....	94
Tabla 40. Valores máximos de resistencia de bucle en c.c. para configuración de canal .....	95
Tabla 41. Valores máximos de resistencia no balanceada en c.c. para un canal .....	95
Tabla 42. Límites de retardo de propagación para configuración de canal a frecuencias clave.....	97
Tabla 43. Límites de retardo diferencial para configuración de canal .....	97

Tabla 44. Límites de pérdidas de conversión transversal para un canal de cableado sin apantallar a frecuencias clave .....	98
Tabla 45. Límites de ELTCTL para configuración de canal de cableado sin apantallar a frecuencias clave.....	99
Tabla 46. Límites de atenuación de acoplamiento para configuración de canal de cableado apantallado a frecuencias clave .....	100
Tabla 47. Límites de pérdidas de retorno para configuración de canal de Clase BCT-C .....	101
Tabla 48. Límites de pérdidas de inserción para configuración de canal a frecuencias clave.....	102
Tabla 49. Límites de resistencia de bucle en c.c. para canal .....	102
Tabla 50. Límites de atenuación de apantallamiento para canal .....	103
Tabla 51. Límites de atenuación para configuración de canal de cableado de fibra óptica .....	105
Tabla 52. Ecuaciones de canal horizontal .....	109
Tabla 53. Ecuaciones de canal troncal.....	110
Tabla 54. Ecuaciones de longitud de configuración de canal para cableado de fibra óptica. ....	111
Tabla 55. Matriz de compatibilidad.....	117
Tabla 56. Hardware de conexión según la serie de Normas EN 60603-7 .....	119
Tabla 57. Aplicaciones ICT soportadas que usan cableado balanceado .....	124
Tabla 58. Asignación de pines del conector modular para aplicaciones ICT.....	125
Tabla 59. Aplicaciones de control y monitorización de procesos soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio .....	126
Tabla 60. Aplicaciones de centros de datos soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio.....	126
Tabla 61. Aplicaciones ICT genéricas soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio.....	127
Tabla 62. Características eléctricas del cable 6A a 20°C .....	179
Tabla 63. Pérdida por inserción del cableado de Categoría 6 .....	179
Tabla 64. NEXT y PSNEXT del cableado de Categoría 6.....	180
Tabla 65. ELFEXT y PSELFEXT del cableado de Categoría 6 .....	181
Tabla 66. Pérdida por retorno del cableado de Categoría 6.....	181
Tabla 67. Pérdida por retorno del cableado de Categoría 6.....	182
Tabla 68. Margen de la Categoría 6A frente a la Categoría 6 .....	183
Tabla 69. Metros de cable de Categoría 6A en el edificio A.....	193
Tabla 70. Metros de cable de Categoría 6A en el edificio B.....	193
Tabla 71. Metros de latiguillos de parcheo en el edificio A.....	194
Tabla 72. Metros de latiguillos de parcheo en el edificio B .....	194
Tabla 73. Conectores necesarios en cada repartidor.....	194
Tabla 74. Metros de fibra óptica en el edificio A.....	195
Tabla 75. Latiguillos de parcheo de fibra óptica .....	195
Tabla 76. Metros de canaletas en el edificio A.....	197
Tabla 77. Metros de canaletas en el edificio B.....	197
Tabla 78. Rosetas en el edificio A.....	198
Tabla 79. Rosetas en el edificio B .....	198
Tabla 80. Switches necesarios en la red .....	198
Tabla 81. Materiales necesarios en la instalación del cableado .....	200
Tabla 82. Presupuesto para la instalación del cableado .....	205
Tabla 83. Presupuesto para la instalación y configuración de dispositivos.....	206



Tabla 84. Materiales necesarios en la instalación del cableado .....	207
Tabla 85. Materiales necesarios en la instalación y configuración de dispositivos .....	207
Tabla 86. Presupuesto total del proyecto.....	207



## Capítulo 1

# Memoria



# Índice de la Memoria

1.1.	Objeto .....	5
1.2.	Alcance .....	5
1.3.	Antecedentes.....	6
1.4.	Características físicas de los inmuebles .....	10
1.5.	Normas y referencias .....	11
1.5.1.	Disposiciones legales y normas aplicadas.....	11
1.5.2.	Programas.....	11
1.6.	Definiciones y abreviaturas .....	12
1.7.	Requisitos de diseño .....	15
1.8.	Estudio de alternativas y Análisis de soluciones .....	16
1.8.1.	Tecnología Ethernet, Clase y tipo de cableado horizontal .....	16
1.8.2.	Tecnología Ethernet, Clase y tipo de cableado troncal .....	17
1.8.3.	Tomas de telecomunicaciones.....	17
1.8.4.	Diseño de la red.....	19
1.8.5.	Porcentaje de crecimiento permitido.....	20
1.8.6.	Switches de la red.....	20
1.8.7.	UPS (Uninterruptible Power Supplies) para los repartidores .....	26
1.8.8.	Configuración de los dispositivos .....	28
1.9.	Topología de la red .....	41
1.10.	Planificación .....	44
1.11.	Orden de prioridad entre los documentos básicos .....	45



## 1.1. Objeto

El propósito de este proyecto es realizar el diseño de la red de datos del conjunto de edificios identificado como TIN perteneciente a la empresa Encuéntralo Online, teniendo en cuenta tanto los puestos de trabajos necesarios en la actualidad como posibles ampliaciones, para que la empresa pueda trabajar en ellos según sus necesidades. Este conjunto de edificios está formado por dos edificios que estarán comunicados entre sí. Se trabajará con un edificio de 6 plantas, el cual de aquí en adelante será identificado como edificio A, y un edificio de 2 plantas, el cual de aquí en adelante será identificado como edificio B. Se incluirá la selección del equipo necesario para la red, así como sus configuraciones.

## 1.2. Alcance

Este proyecto contiene las especificaciones necesarias para la implantación de un sistema de cableado estructurado en los edificios A y B, así como la configuración de los dispositivos elegidos para ello. Este proyecto incluye:

- **Diseño del cableado tanto vertical como horizontal.** Se diseñará tanto el cableado desde los repartidores hasta las tomas de telecomunicaciones, como el cableado necesario para interconectar los repartidores entre sí. Para esto último, se tendrá un diseño que indique como deben interconectarse los dispositivos a utilizar en la red.
- **Selección de la categoría del cableado que se utilizará.** En función de la tecnología de red a utilizar se elegirá la categoría del cableado.
- **Selección de los dispositivos a utilizar en la red.** Se estudiarán diferentes alternativas, las cuales se compararán para finalmente decidir con qué dispositivos se va a trabajar.
- **Configuración de los dispositivos a utilizar en la red.** Se incluirá la configuración necesaria para que los dispositivos elegidos funcionen correctamente según las necesidades de la empresa.
- **Información técnica de los dispositivos.** Se tendrá la información técnica de los dispositivos que finalmente sean elegidos.
- **Presupuesto de materiales y dispositivos.** Se hará un presupuesto incluyendo tanto los materiales necesarios para implantar el sistema de cableado estructurado como los dispositivos que se usarán.
- **Planos para el cableado, así como canalizaciones y repartidores.** Serán necesarios planos para el cableado vertical y horizontal, así como planos que indiquen por donde pasarán las canalizaciones necesarias para dicho cableado.

Además, se tendrán los planos de los repartidores, donde se podrá ver cómo está organizado cada uno de ellos. En lo referente a los planos de cableado, se tendrá un plano del cableado vertical de cada edificio, así como un plano por cada planta de cada edificio donde se muestre su cableado horizontal junto al posicionamiento de las tomas de telecomunicaciones. Por último, se tendrá un plano que muestre la conexión entre ambos edificios.

El cableado eléctrico necesario para dar soporte a los equipos del sistema de cableado estructurado no se incluye en este proyecto. De igual manera, queda fuera del alcance del proyecto los equipos y vías de ventilación necesarias para los cuartos donde se encuentran los repartidores de planta y edificio. De ambos aspectos se hará cargo la empresa Encuétralo Online. La obra civil realizada en ambos edificios para instalar el cableado de acuerdo al diseño será llevada a cabo por una empresa subcontratada. Por otra parte, la instalación de todo del cableado, canaletas, repartidores (con todos sus elementos) y dispositivos, así como la certificación del cableado, serán llevadas a cabo por empresas subcontratadas por la empresa Encuétralo Online. Además, tampoco se incluye en este proyecto la red inalámbrica.

### **1.3. Antecedentes**

Este proyecto es llevado a cabo debido a la necesidad del cliente de construir un sistema de cableado estructurado en el conjunto de edificios TIN. Dichos edificios pertenecían anteriormente a una empresa distinta y han sido adquiridos recientemente por el cliente para trabajar en ellos con su empresa. Los edificios no disponen de un sistema de cableado estructurado ya existente, por lo que se creará desde cero para dar servicio a tantos puestos de trabajo como sea posible y necesario. Además, el cliente desea comunicar los dos edificios entre sí. Los puestos de trabajo necesarios en cada planta de cada edificio se verán en el apartado “Informe de diagnóstico”. Se trabajará en el diseño del cableado estructurado a partir de los planos proporcionados por la empresa. Los edificios están separados entre sí por 15 metros.

Dado que, como se dijo anteriormente, los edificios no disponen de un sistema de cableado estructurado ya existente, no se tiene el equipamiento necesario para interconectar los dos edificios en los que se va a trabajar. Tampoco se tiene definida la tecnología a usar en el cableado, así como el diseño del cableado y el equipo que se va a usar en el mismo. Por lo tanto, los edificios están provistos del equipo necesario a excepción de los equipos correspondientes al cableado estructurado.

La empresa del cliente se dedica a la realización de páginas web para terceros, para lo cual pretende usar los dos edificios citados anteriormente. La empresa se publicita en su propia página web, donde los clientes pueden contactar y ver las diferentes ofertas existentes. Los departamentos que trabajarán en la creación de las páginas web son los departamentos de programación y diseño. El departamento de programación se encargará de la parte relacionada a la programación de las páginas webs con las que se trabajará en la empresa, mientras que el de diseño se encargará de realizar el diseño de dichas páginas. Cada uno de ellos tiene un director que se encarga de organizarlos y coordinarlos, así como de tratar con el director de la empresa. Dentro de cada uno de estos departamentos se pueden encontrar subgrupos que trabajan en distintos aspectos



del proyecto y que tienen un representante que será el encargado de hablar con el director de su departamento. Estos departamentos se distribuyen en los dos edificios de la siguiente forma:

- Edificio A: La planta baja se dedicará a temas administrativos. La primera planta se dividirá entre diseño y programación, mientras que la segunda planta se dedicará a diseño. La planta -1 irá dedicada al diseño, y las plantas -2 y -3 a la programación.
- Edificio B: La planta baja irá dedicada a la programación y la primera al diseño.

Aunque no se esperan ampliaciones a corto plazo del número de puestos de trabajo necesarios en la empresa, el diseño se hará de tal forma que si en un futuro se produjeran ampliaciones en la empresa, no sea necesario realizar una gran cantidad de cambios en el cableado.

El cableado a instalar debe permitir a los trabajadores comunicarse con otros trabajadores, así como con redes externas y trabajar con las aplicaciones requeridas por la empresa. La comunicación realizada entre edificios permitirá que los datos se transmitan entre ambos.

## **Informe de Diagnóstico**

Este informe representa el punto de partida de la necesidad y valoración del proyecto en su conjunto. Incluye la evaluación de necesidades de cableado y la infraestructura existente, los cuales se tratarán a continuación.

### **a) Evaluación de necesidades del cableado**

Los edificios sobre los que se va a trabajar no poseen un sistema de cableado estructurado, como se dijo anteriormente. Por lo tanto, habrá que realizar un diseño del mismo de acuerdo a la estructura de los edificios para organizar los puestos de trabajo en los distintos espacios disponibles. Para ello se usarán los planos proporcionados por el cliente.

El cableado que se utilizará será analizado en el apartado 1.8 Estudio de alternativas y Análisis de soluciones.

Los puestos de trabajo estarán distribuidos según lo indicado a continuación en el apartado “Infraestructura existente”.

Si se da el caso de que el cliente quiera hacer reubicaciones o cambios de distribución del personal, deberá acoplarse a los puestos de trabajo existentes tras la implantación del cableado. El diseño del cableado tendrá en cuenta un posible aumento de trabajadores en la empresa.

La velocidad de transmisión que el cableado debe ser capaz de soportar se verá más adelante, en el apartado 1.8. Esta velocidad dependerá de las aplicaciones usadas en los terminales que requieran el uso de la red.

Según la norma EN 50173-2, la cual se está siguiendo para diseñar el cableado en este proyecto, la duración del cableado será de al menos 10 años.

## **b) Ubicación de los puestos de trabajo**

La empresa desea que se cablee mediante un sistema de cableado estructurado dos edificios, los cuales se verán más a fondo a continuación. Ambos edificios están completamente amueblados, de forma que el cableado se tiene que adaptar a la disposición de los muebles. Para realizar el cableado se seguirá la norma EN 50173-2.

### **Edificio A**

Este edificio está formado por 6 plantas, distribuidas de forma que se tiene la planta baja, dos plantas sobre ella, y tres plantas bajo ella. En este edificio se tendrán 208 puestos de trabajos, distribuidos por plantas de la siguiente forma:

- Planta baja: 27 puestos de trabajo. Estos puestos están distribuidos de la siguiente forma: dos despachos para 3 puestos de trabajo cada uno, tres despachos para un puesto de trabajo cada uno, un espacio dedicado para puestos de trabajo con 15 puestos disponibles y tres puestos de trabajo más en la recepción.
- Primera planta: 47 puestos de trabajo. Estos puestos están distribuidos de la siguiente forma: un despacho para dos puestos de trabajo, nueve despachos para un puesto de trabajo cada uno, un espacio dedicado para puestos de trabajo con 10 puestos disponibles y un segundo espacio dedicado para puestos de trabajo con 26 puestos disponibles.
- Segunda planta: 10 puestos de trabajo. Estos puestos están distribuidos de la siguiente forma: diez despachos individuales para un puesto de trabajo cada uno.
- Planta -1: 30 puestos de trabajo. Estos puestos están distribuidos de la siguiente forma: cuatro despachos para 3 puestos de trabajo cada uno, tres despachos para un puesto de trabajo cada uno, un espacio dedicado para puestos de trabajo con 10 puestos disponibles y un despacho para 5 puestos de trabajo.
- Planta -2: 54 puestos de trabajo. Estos puestos están distribuidos de la siguiente forma: dos despachos para 3 puestos de trabajo cada uno, un despacho para 2 puestos de trabajo, nueve despachos para un puesto de trabajo cada uno, dos espacios dedicados para puestos de trabajo con 5 puestos disponibles en cada uno, un tercer espacio dedicado para puestos de trabajo con 9 puestos disponibles y un cuarto espacio dedicado para puestos de trabajo con 18 puestos disponibles.
- Planta -3: 38 puestos de trabajo. Estos puestos están distribuidos de la siguiente forma: dos despachos para un puesto de trabajo cada uno, dos despachos para 5 puestos de trabajo cada uno y un espacio dedicado para puestos de trabajo con 26 puestos disponibles.

En la tabla 1 se puede ver un resumen de la ubicación de los puestos entre despachos y zonas de trabajo.

	Despachos	Zonas de trabajo
<b>Planta 0</b>	12	15
<b>Planta 1</b>	11	36
<b>Planta 2</b>	10	-
<b>Planta -1</b>	20	10
<b>Planta -2</b>	17	37
<b>Planta -3</b>	12	26

Tabla 1. Puestos de trabajo en el edificio A

**Edificio B**

Este edificio está formado por 2 plantas, las cuales son la planta baja y una planta sobre ella. En este edificio se tendrán 100 puestos de trabajos, distribuidos por plantas de la siguiente forma:

- Planta baja: 65 puestos de trabajo. Estos puestos están distribuidos de la siguiente forma: doce despachos para un puesto de trabajo cada uno, tres despachos para 2 puestos de trabajo cada uno, un despacho para 3 puestos de trabajo, un despacho para 4 puestos de trabajo, un despacho para 6 puestos de trabajo, un espacio dedicado para puestos de trabajo con 18 puestos disponibles, un espacio dedicado para puestos de trabajo con 4 puestos disponibles y un espacio dedicado para puestos de trabajo con 12 puestos disponibles.
- Primera planta: 35 puestos de trabajo. Estos puestos están distribuidos de la siguiente forma: dieciocho despachos para un puesto de trabajo cada uno, tres despachos para 3 puestos de trabajo cada uno, dos despachos para 2 puestos de trabajo cada uno y un despacho para 4 puestos de trabajo.

En la tabla 2 se puede ver un resumen de la ubicación de los puestos entre despachos y zonas de trabajo.

	Despachos	Zonas de trabajo
<b>Planta 0</b>	31	34
<b>Planta 1</b>	35	-

Tabla 2. Puestos de trabajo en el edificio B

## 1.4. Características físicas de los inmuebles

El conjunto de edificios TIN está formado por dos edificios, los cuales han sido definidos en este proyecto como edificio A y edificio B. El edificio A consta de 6 plantas, siendo tres de ellas sótanos, mientras que el edificio B consta de 2 plantas. En el apartado “Informe de diagnóstico” dentro del apartado “1.3 Antecedentes” se tienen los distintos despachos y estaciones de trabajo de los edificios A y B. A continuación se estudiarán los demás elementos de cada piso de ambos edificios.

### Edificio A

- Planta baja: La superficie de esta planta es de 1225 m<sup>2</sup>. Aquí se encuentra la recepción del edificio, así como el comedor. En la parte donde se concentran los despachos posee una sala de conferencias, servicios y una zona de espera. En la parte del comedor se tiene una zona de descanso y servicios.
- Primera planta: La superficie de esta planta es de 1180 m<sup>2</sup>. Posee dos salas de conferencias, un departamento de auditoría interna, servicios y una sala de descanso junto a un espacio amplio de puestos de trabajos. Se tienen dos zonas de espera repartidas en las zonas donde se concentran los despachos.
- Segunda planta: La superficie de esta planta es de 1010 m<sup>2</sup>. Posee una sala de conferencias y tres salas de espera repartidas en las zonas donde se concentran los despachos.
- Planta -1: La superficie de esta planta es de 1200 m<sup>2</sup>. Posee una sala de conferencias y la sala del generador de energía solar. Además, se tienen salas de descansos tanto para trabajadores de la empresa como para invitados. A lo largo de la planta se encuentran dos servicios. Por otra parte, se tienen tres zonas de descanso/espera repartidas por la planta en la entrada de la sala de conferencia y despachos.
- Planta -2: La superficie de esta planta es de 1300 m<sup>2</sup>. Posee una sala de conferencias, servicios y cinco salas de espera repartidas en las entradas de despachos.
- Planta -3: La superficie de esta planta es de 780 m<sup>2</sup>. Posee una sala de conferencias, servicios, un espacio para reuniones informales y una sala de espera en la zona donde se concentran los despachos.

Las plantas de este edificio tienen un alto de 3'5 metros. Se tiene un atrio en la parte central del edificio A que llega hasta la planta -2. Para moverse de planta a planta se puede usar tanto el ascensor como las escaleras existentes.

## Edificio B

- **Planta baja:** La superficie de esta planta es de 1691 m<sup>2</sup>. En esta planta se encuentra la entrada al edificio junto a la recepción. Se tiene una sala de descanso para visitantes, así como cinco servicios.
- **Primera planta:** La superficie de esta planta es de 1721 m<sup>2</sup>. Posee una sala de conferencias, tres servicios y dos áreas de espera situadas junto a los despachos.

Las plantas de este edificio tienen un alto de 3'5 metros. Para moverse de planta a planta se puede usar tanto el ascensor como las escaleras existentes.

## 1.5. Normas y referencias

En este apartado se verán las normas y los programas utilizados a la hora de elaborar el proyecto, así como la bibliografía.

### 1.5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Las normas utilizadas para realizar este proyecto son:

- **Norma UNE 157001[1].** Criterios generales para la elaboración de proyectos.
- **Normas EN 50173-1[2] y EN 50173-2[3].** En esta norma se tratan la tecnología de la información y los sistemas de cableado genérico. La primera parte se centra en los requisitos generales, mientras que la segunda se centra en los edificios de oficina.
- **Norma EN 50174-1[4], EN 50174-2[5] y EN 50174-3[6].** Esta norma trata la ejecución de la instalación del cableado.

### 1.5.2. Programas

Para la elaboración de este proyecto se han usado los siguientes programas:

- **Microsoft Word 2010.** Editor de texto usado para elaborar el documento final.
- **Microsoft Excel 2010.** Hoja de cálculos usada para realizar cálculos necesarios y los planos de los repartidores.
- **Paint.** Programa de dibujo usado para realizar los planos del sistema de cableado, excluyendo los planos de los repartidores.
- **Autocad 2014.** Programa de diseño utilizado para tratar con los planos de los edificios.

- **GanttProject.** Programa que permite realizar la planificación de proyectos usado para realizar el diagrama de Gantt de este proyecto.

## **1.6. Definiciones y abreviaturas**

SCE: Sistemas de Cableado Estructurado

ICT: Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones

IP: Internet Protocol

MHz: Megahercio

UTP: Unshielded Twisted Pair

Gb/s: Gigabit por segundo

RJ: Registered Jack

SFP: Small Form-factor Pluggable

SFP+: Enhanced Small Form-factor Pluggable

Gbps: Gigabit por segundo

Mpps: Millones de paquetes por segundo

RAM: Random-Access Memory

MB: Megabyte

GB: Gigabyte

LAN: Local Area Network

VLAN: LAN Virtual

PoE: Power over Ethernet

Kg: Kilogramo

Cm: Centímetro

U: Cantidad de bastidores

SRAM: Static Random Access Memory

SDRAM: Synchronous Dynamic Random-Access Memory

IEEE 802.3: Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Mbps: Megabits por segundo

Km: Kilómetro

M: Metro

MAC: Media Access Control

Nm: Nanómetro

Mm: Milímetro

μm: Micrómetro

FDDI: Fiber Distributed Data Interface

STP: Shielded Twisted Pair

CSMA/CD: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

WAN: Wide Area Network

ATM: Asynchronous Transfer Mode

MAN: Metropolitan Area Network

OM: Óptica multimodo

SOA: Service Oriented Architecture

Tbps: Terabits por segundo

PC: Personal Computer

QoS: Quality of Service

VoIP: Voice over Internet Protocol

SAN: Redes de almacenamiento de datos

UPS: Uninterruptible Power Supplies

LSZH: Low Smoke Zero Halogen

NAS: Almacenamiento adjunto a redes

OSI: Open System Interconnection

ACL: Access Control List

GbE: Gigabit Ethernet

RC: Repartidor de Campus

RE: Repartidor de Edificio

CP: Punto de consolidación

Cable CP: Cable de punto de consolidación

TO: Toma de telecomunicaciones

Conjunto MUTO: Conjunto tomas de telecomunicaciones multiusuario

IE: Interfaz de Equipo

M/s<sup>2</sup>: Metros por segundo al cuadrado

Hz: Hercio

°C: Grado centígrado

KV: Kilovoltio

RF: Radio frecuencia radiada

AM: Amplitud modulada

RF: Radio frecuencia conducida

EFT/B: Electrical Fast Transient/Burst

KHz: Kilohercio

V/m: Voltios por metro

V: Voltio

A/m: Amperio por metro

dB: Decibelios

NEXT: Ruido que se acopla en un par causado por otro par cercano

PSNEXT: Suma de potencia NEXT

ACR: Relación entre pérdidas de inserción y pérdidas por diafonía par a par



PSACR: Suma de potencia ACR

ELFEXT: Pérdidas por telediafonía de igual nivel par a par

PSELFEXT: Suma de potencia ELFEXT

c.c.: Corriente continua

A: Amperio

μs: Microsegundo

TCL: Tranverse Conversion Loss

ELTCTL: Equal Level Transverse Conversion Transfer Loss

f: Frecuencia

dB/m: Decibelios por metro

ns/m: Nanosegundos por metro

SC: Standard Connector

Normas IEC: International Electrotechnical Commission

CENELEC: Comité Europeo de Normalización Electrónica

Normas ISO: International Standard Organization

ICT: Information and Communication Technologies

CCNA: Cisco Certified Network Associate

## **1.7. Requisitos de diseño**

El sistema debe cumplir los siguientes requisitos:

- **Dar soporte a aplicaciones.** Se dará soporte a todas las aplicaciones que se usen en los edificios, teniendo en cuenta además futuras ampliaciones o futuras aplicaciones que se puedan llegar a usar en los mismos. Así, todos los usuarios del sistema podrán usar dichas aplicaciones.
- **Escalabilidad.** El sistema debe ser flexible y modulable, de forma que al realizar cambios en el sistema o al introducir ampliaciones o aplicaciones nuevas, el sistema ya existente se verá afectado en la menor medida posible.

- **Comunicar los edificios de la empresa.** Se incluirán las especificaciones necesarias para la implantación de un sistema que establezca la comunicación entre los dos edificios con los que se va a trabajar.
- **Cumplir la normativa vigente.** El sistema de cableado estructurado deberá cumplir la normativa vigente, la cual se seguirá para los procedimientos de ejecución material. Esto permitirá tener garantías de calidad.
- **Dar soporte a redes convergentes.** El sistema dará soporte a redes convergentes tanto si es necesario este tipo de red en la actualidad como si no lo es, evitando así grandes modificaciones en el caso de que en un futuro sea necesario el uso de dichas redes.
- **Redundancia.** El sistema constará de redundancia que ayudará a que siga funcionando aún cuando uno de los elementos redundantes fallen.
- **Rendimiento.** El sistema será capaz de trabajar con un rendimiento adecuado cubriendo las necesidades de la empresa.
- **Seguridad.** Los dispositivos a utilizar deben permitir que la red sea segura.
- **Mantenibilidad.** El diseño de la red debe permitir realizar mantenimientos cuando se estime oportuno con la mayor facilidad posible.

## 1.8. Estudio de alternativas y Análisis de soluciones

En este apartado se verán las soluciones para los distintos aspectos del proyecto. Se tratarán en primer lugar la tecnología Ethernet, la Clase y el tipo de cableado que se utilizará. Más tarde se verán las tomas de telecomunicaciones necesarias según los puestos de trabajos que se tienen. Por último se estudiará el diseño de la red que se utilizará, así como la elección de los switches a usar en cada capa (núcleo, distribución y acceso).

### 1.8.1. Tecnología Ethernet, Clase y tipo de cableado horizontal

La tecnología de red Ethernet a implantar será la 1000BASE-T, con la cual se tiene una velocidad de transmisión de 1 Gigabit por segundo. Esta tecnología es capaz de soportar el tráfico generado en la red por los trabajadores de la empresa. Además, con Ethernet 1000BASE-T se asegura que se podrá cubrir tanto las necesidades producidas por nuevos trabajadores que se incorporen a la empresa como las producidas por el uso de nuevas aplicaciones. Por ejemplo, se podrá cubrir servicios como videoconferencia o el uso de teléfonos IP si en un futuro se desearan utilizar en la empresa sin cambiar el cableado existente.

En base a lo que se muestra en el anexo F de la norma UNE-EN-50173-1, para trabajar con Ethernet 1000BASE-T se debe utilizar un cableado que como mínimo cumpla las

prestaciones de canal del cableado balanceado indicadas para la Clase D. Por lo tanto, se trabajará con la Clase D o una superior.

Debido a que se quiere trabajar a 1 Gigabit por segundo bajo las prestaciones de la Clase D como mínimo, se establecerá como Categoría mínima para trabajar en la red la Categoría 5E, la cual es capaz de trabajar a 1 Gb/s. sin embargo, con el propósito de aumentar la vida del cableado estructurado en ambos edificios, se utilizará un cableado de Categoría 6A, la cual es más utilizada en la actualidad. Además, trabajará bajo las prestaciones de la Clase Ea. Así, se evitan posibles cuellos de botella que se pudieran producir en un futuro debido a que el cableado no soportara el tráfico necesario en la red. El cableado de Categoría 6A es capaz de trabajar tanto con el tráfico generado por las aplicaciones actuales como con el generado por nuevas aplicaciones (videoconferencia, teléfonos IP).

Los conectores que se usarán en los extremos de las conexiones realizadas son del tipo RJ-49, conocido como RJ-45 metálico, los cuales son compatibles con los cables de Categoría 6A.

### **1.8.2. Tecnología Ethernet, Clase y tipo de cableado troncal**

En el cableado troncal del sistema se usará fibra óptica multimodo. Eligiendo fibra óptica se obtiene un mejor rendimiento en la comunicación entre los switches de lo que sería posible sin ella.

La tecnología de red Ethernet a implantar será la 10GBASE-SR, con la cual se tiene una velocidad de transmisión de 10 Gigabits por segundo. Al igual que en el cableado horizontal, con esta tecnología se asegura que se podrá cubrir tanto las necesidades producidas por nuevos trabajadores que se incorporen a la empresa como las producidas por el uso de nuevas aplicaciones. Además, se evitarán los cuellos de botella. Con Ethernet 10GBASE-SR se pueden realizar transmisiones de 850 nm sobre fibras multimodo, alcanzando distancias de hasta 300 m. Así, podrá cubrir las distancias necesarias entre repartidores en el conjunto de edificios TIN.

La clase que se utilizará en el sistema vertical es la OF-300. Esta clase es capaz de trabajar en distancias de 300 metros. No se trabajará con una clase más baja debido a que no sería capaz de trabajar a la misma velocidad que la tecnología Ethernet que se va a utilizar.

En este caso se trabajará a 10 Gigabits por segundo, por lo que se debe utilizar un cableado que permita esta tecnología. Para fibra óptica utilizando la clase OF-300, la Categoría OM3 es la que permite un rendimiento de 10 Gigabits por segundo. Por lo tanto, esta será la categoría a utilizar en el sistema.

### **1.8.3. Tomas de telecomunicaciones**

En el informe de diagnóstico visto anteriormente en este capítulo se tienen los puestos de trabajo necesarios en cada planta según el equipamiento existente en cada una de ellas. Estos puestos se pueden ver en las tablas 3 y 4, y cada uno de ellos requerirá, como mínimo, una toma de telecomunicaciones.

<b>Edificio A</b>	
<b>Planta</b>	<b>Puestos de trabajo</b>
0	28
1	49
2	11
-1	31
-2	55
-3	39
<b>Total</b>	213

Tabla 3. Puestos de trabajo en el Edificio A

<b>Edificio B</b>	
<b>Planta</b>	<b>Puestos de trabajo</b>
0	65
1	36
<b>Total</b>	101

Tabla 4. Puestos de trabajo en el Edificio B

Por cada uno de estos puestos de trabajo se tendrán dos tomas de telecomunicaciones. De esta forma se tendrá en todo momento una segunda toma disponible por cada puesto para cubrir los casos en los que se necesite dicha toma, como puede ser la ampliación de los puestos de trabajo en un futuro, así como el uso de nuevo equipamiento, por ejemplo, teléfonos IP. El número total de tomas de telecomunicaciones necesarias en los dos edificios se tiene en las tablas 5 y 6.

<b>Edificio B</b>	
<b>Planta</b>	<b>Tomas de telecomunicaciones</b>
0	130
1	72
<b>Total</b>	202

Tabla 5. Tomas de telecomunicaciones en el Edificio B

<b>Edificio A</b>	
<b>Planta</b>	<b>Tomas de telecomunicaciones</b>
0	56
1	98
2	22
-1	62
-2	110
-3	78
<b>Total</b>	<b>426</b>

Tabla 6. Tomas de telecomunicaciones en el Edificio A

Se tiene un total de 426 tomas de telecomunicaciones en el Edificio A y 202 en el Edificio B, haciendo un total de 628 tomas. Se tendrá un diseño de red que dé servicio a todas las tomas. Dado que en un principio se tienen dos tomas de telecomunicaciones por cada puesto, se puede realizar un diseño redundante.

#### 1.8.4. Diseño de la red

La red tendrá un diseño jerárquico con tres capas:

- Capa de acceso.
- Capa de distribución.
- Capa de núcleo.

En la capa de acceso se tendrán 10 switches en el edificio A y 5 switches en el edificio B para dar acceso a todas las tomas de telecomunicaciones necesarias en ambos edificios. Mientras, en la capa de distribución se tendrá sólo un switch en cada edificio que dará cobertura a todos los switches de la capa de acceso del mismo edificio. Por último, en la capa de núcleo se tendrá un switch que interconecte los edificios.

Los switches de la capa de acceso de cada edificio se repartirán de la siguiente forma:

- **Edificio A:** Tendrá tres repartidores de planta. Uno de ellos estará en la planta 0 (repartidor A0), el cual constará de 3 switches en la capa de acceso y dará soporte a la planta 0 y -1. Otro repartidor de planta se situará en la planta 1 (repartidor A1), el cual constará de 3 switches en la capa de acceso y dará soporte a la planta 1 y 2. El último de ellos se situará en la planta -2 (repartidor A-2), constará de 4 switches en la capa de acceso y dará soporte a las plantas -2 y -3.

- **Edificio B:** Tendrá dos repartidores de planta. El primero de ellos estará en la planta 0 (repartidor B0) y dará soporte sólo a esa planta. El segundo estará en la planta 1 (repartidor B1) y dará soporte sólo a esa planta.

### 1.8.5. Porcentaje de crecimiento permitido

Con el diseño visto en el apartado anterior, el porcentaje de crecimiento permitido sin añadir más switches se puede ver en la tabla 7.

	<b>Tomas de telecomunicaciones necesarias</b>	<b>Puertos totales disponibles</b>	<b>Puertos libres</b>	<b>% Crecimiento disponible</b>
<b>Repartidor A0</b>	118	144	26	18'05%
<b>Repartidor A1</b>	120	144	24	16'67%
<b>Repartidor A-2</b>	188	192	4	2'08%
<b>Edificio A</b>	426	480	54	11'25%
<b>Repartidor B0</b>	130	144	14	9'72%
<b>Repartidor B1</b>	72	96	24	25%
<b>Edificio B</b>	202	240	38	15'83%

Tabla 7. Crecimiento de puertos permitido

### 1.8.6. Switches de la red

La elección de los switches que se usarán se hará según lo indicado en el apartado 2.3.3. Características del switch en una red jerárquica, el cual se tratará en el siguiente capítulo. Los criterios a tener en cuenta para elegir entre los distintos switches dependerán de la capa en la que trabaje el switch. Además, se tendrán en cuenta las características de cada switch (precio, rendimiento, tamaño, etc).

#### Switch de la Capa de Acceso

Los criterios por los que se debe regir la elección de los switches de la capa de acceso son los siguientes:

	<b>Cisco Catalyst 2960X-48TD-L</b>	<b>Cisco Catalyst WS-C3850-48P</b>	<b>HP 2530-48G</b>
<b>Número de puertos</b>	48 RJ45	48 RJ45	48 RJ45
<b>Tecnología de puertos</b>	10/100/1000Base-T Ethernet	10/100/1000Base-T Ethernet	10/100/1000Base-T Ethernet
<b>Puertos SFP</b>	2 SFP+ 10 Gigabit	4 SFP+ 10 Gigabit	4 SFP Gigabit
<b>Capacidad de conmutación</b>	216 Gbps	176 Gbps	104 Gbps
<b>Tasa de reenvío</b>	130'9 Mpps	130'95 Mpps	77'3 Mpps
<b>Memoria RAM</b>	512 MB	4 GB	256 MB
<b>Memoria Flash</b>	128 MB	2 GB	128 MB
<b>Capa</b>	2 y 3	2 y 3	2
<b>Seguridad de puertos</b>	Sí	Sí	Sí
<b>VLAN</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Agregado de enlaces</b>	Sí	Sí	Sí
<b>PoE</b>	No	No	No
<b>Tamaño (Ancho x Alto x Profundidad)</b>	44'5 x 4'5 x 27'9 cm	44'5 x 4'55 x 45 cm	25'4 x 4'45 x 44'3 cm
<b>Peso</b>	5'8 Kg	7'9 Kg	4'72 Kg
<b>Capacidad en el rack</b>	1u	1u	1u
<b>Precio</b>	1930'67€ - 3676€	5753'94€ - 12994'56€	499€ - 1801'69€

Tabla 8. Switches para la capa de acceso.

- Seguridad de puerto.
- VLAN.
- Velocidad de puerto.
- Agregado de enlaces

En base a los puertos necesarios en la actualidad para la cantidad de puestos de trabajo que se tienen y teniendo en cuenta posibles ampliaciones futuras, se usarán switches de 48 puertos. Dado que no hay problemas a la hora de conectar los equipos a la red eléctrica, la función de Power over Ethernet no será necesaria. Los switches deberán tener puertos que faciliten la conexión con los switches de la capa de distribución.

Para elegir los switches que se usarán en la capa de acceso se compararán tres switches distintos pertenecientes a las empresas Cisco y HP. Estos son:

- Cisco Catalyst 2960X-48TD-L [7].
- Cisco Catalyst WS-C3850-48T [8].
- HP 2530-48G [9].

La elección de estos tres switches se ha basado en los criterios de la capa de acceso mencionados anteriormente, así como en otros factores, como son el número de puertos, la velocidad a la que estos trabajan y los puertos SFP existentes que facilitarán la conexión con los switches de la capa de núcleo colapsado.

Para elegir entre los tres switches seleccionados, se usará la tabla 8 donde se comparan las características más importantes a tener en cuenta de los tres modelos.

Como se puede ver en la tabla y como se dijo anteriormente, los tres modelos cumplen los criterios de la capa de acceso. Cada uno de estos switches posee 48 puertos de tecnología Ethernet 10/100/1000Base-T.

En lo referente a la capacidad de conmutación los modelos de Cisco son superiores al HP, siendo el modelo Cisco Catalyst 2960X-48TD-L el mejor en este aspecto, con una capacidad de conmutación de 216 Gbps gracias a su capacidad full dúplex, seguido por el modelo Cisco Catalyst WS-C3850-48P con 176 Gbps y finalizando con el modelo HP 2530-48G con 104 Gbps.

Por otra parte, si se comparan las tasas de reenvío se repite la misma situación que se produce al comparar la capacidad de conmutación, siendo los modelos de Cisco superiores al HP. En este caso los modelos Cisco son muy parecidos, teniendo el modelo 2960X-48TD-L una tasa de 130'9 Mpps y el modelo 3850-48P una tasa de 130'95 Mpps. Por último se encuentra el modelo HP 2530-48G con una tasa de reenvío de 77'3 Mpps.

Al comparar la memoria RAM vuelven a destacar los modelos Cisco por encima del HP, siendo el modelo Cisco Catalyst WS-C3850-48P el mejor en este aspecto con 4 GB de memoria RAM, muy por encima de los 512 MB del modelo Cisco Catalyst 2960X-48TD-L y de los 128 MB del modelo HP 2530-48G. Además, se tiene la memoria Flash, donde el modelo Cisco Catalyst WS-C3850-48P vuelve a estar muy por encima de los otros dos modelos con 2 GB de memoria Flash, mientras que los otros dos modelos poseen 128 MB de memoria Flash.

Se debe tener en cuenta la capacidad de cada modelo para conectarse con los switches de la capa de núcleo colapsado. Esta conexión se realizará gracias a los módulos que



aceptan. En el caso del modelo Cisco Catalyst 2960X-48TD-L se tiene la opción de añadir dos puertos SFP+ que trabajan a 10 Gbps, así como la posibilidad de añadir cuatro puertos SFP que trabajan a 1 Gbps. Por otra parte, el modelo Cisco Catalyst WS-C3850-48P tiene tres opciones, las cuales son añadir dos puertos SFP+ que trabajan a 10 Gbps, añadir 4 puertos SFP que trabajen a 1 Gbps y añadir 4 puertos SFP+ que trabajen a 10 Gbps. Por último, el modelo HP 2530-48G posee 4 puertos SFP que trabajen a 1 Gbps. En este caso convendría elegir puertos que puedan trabajar a 10 Gbps para realizar la conexión entre la capa de acceso y la capa de núcleo distribución, por lo que los modelos Cisco serían preferibles.

Por último se comparará el precio de los tres modelos. El más barato es el modelo HP 2530-48G con un valor comprendido entre 499€ y 1801'69€. El modelo Cisco Catalyst 2960X-48TD-L tiene un precio comprendido entre 1930'67€ y 3676€. Finalmente, el modelo Cisco Catalyst WS-C3850-48T tiene un precio comprendido entre 5753'94€ y 12994'56€, siendo éste el más caro.

En base al estudio realizado anteriormente y a la relación calidad/precio de cada modelo, el switch elegido será el Cisco Catalyst 2960X-48TD-L. Además, este switch es apilable, por lo que permitirá que todos los switches que trabajen en una planta, lo hagan como un único switch más grande, lo cual proporciona una fácil escalabilidad.

Para conectar el switch elegido con la capa de núcleo colapsado es necesario el uso de módulos SFP+ que trabajen a 10 Gigabit Ethernet. Este módulo es el SFP-10G-SR, el cual trabaja con la tecnología Ethernet 10GBASE-SR.

### **Switches de la Capa de Distribución**

Los criterios por los que se debe regir la elección de los switches de la capa de distribución son los siguientes:

- Enrutamiento entre las VLAN.
- Políticas de seguridad.
- Calidad de servicio.

Para realizar la elección de los switches se debe tener en cuenta el número de puertos SFP, que servirán para conectar la capa de distribución con la capa de acceso así como con la capa de núcleo a 10 Gbps. Para ello, se usarán los módulos necesarios en los switches de la capa de acceso.

En este caso los switches que se compararán pertenecen a las empresas Cisco, HP y Netgear. Los modelos son los siguientes:

- Cisco Catalyst 4500X-16SFP+ [10].
- HP 5920AF-24XG [11].
- Netgear M7300-24XF [12].

	<b>Cisco Catalyst 4500X-16SFP+</b>	<b>HP 5920AF-24XG</b>	<b>Netgear M7300- 24XF</b>
<b>Número de puertos</b>	16 SFP+/SFP	24 SFP+	24 SFP+ 4 RJ45
<b>Tecnología de puertos</b>	1 y 10 Gigabit Ethernet	1 y 10 Gigabit Ethernet	SFP+: 10 Gigabit Ethernet RJ45: 100/1000/10GBase-T Ethernet
<b>Capacidad de conmutación</b>	800 Gbps	480 Gbps	480 Gbps
<b>Tasa de reenvío</b>	250 Mpps	367 Mpps	357 Mpps
<b>Memoria RAM</b>	4 GB SRAM	2 GB SDRAM	512 MB SDRAM
<b>Memoria Flash</b>	2 GB	256 MB	128 MB
<b>Capa</b>	2, 3 y 4	2 y 3	2 y 3
<b>Enrutamiento entre las VLAN</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Políticas de seguridad</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Calidad de servicio</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Agregado de enlaces</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Redundancia</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Tamaño (Ancho x Alto x Profundidad)</b>	43'8 x 4'4 x 53'3 cm	43'99 x 4'37 x 65'99 cm	44 x 4'3 x 43'1 cm
<b>Peso</b>	10'43 Kg	13 Kg	6'3 Kg
<b>Capacidad en el rack</b>	1 u	1 u	1 u
<b>Precio</b>	5339'76€ - 11514'36€	5199'85€ - 17935'94€	4891'17€ - 7915'22€

Tabla 9. Switches de las capas de distribución y núcleo

La elección de estos tres switches se ha basado en los criterios de la capa de distribución mencionados anteriormente, así como en otros factores, como los puertos SFP

existentes que facilitarán la conexión con los switches de la capa de acceso y núcleo y la velocidad a la que estos trabajan.

Para elegir entre los tres switches seleccionados, se usará la tabla 9 donde se comparan las características más importantes a tener en cuenta de los tres modelos. Dicha tabla muestra como los tres modelos cumplen los criterios de la capa de distribución.

Es necesario un mínimo de 10 puertos SFP+ que trabajen a 10 Gbps en el switch que se vaya a utilizar para conectar la capa de distribución con la capa de acceso. Debido al número de tomas de telecomunicaciones necesarias y al uso de switches de 48 puertos en la capa de acceso, el número de puertos necesarios en los switches de la capa de distribución es bajo. Son necesarios 10 switches en la capa de acceso para el edificio de seis plantas, y 5 switches en el edificio de 2 plantas en la misma capa. Por ello, basta con que se use un switch en la capa de distribución de cada edificio con un mínimo de 10 puertos SFP+ que trabajen a 10 Gbps para conseguir conectar la capa de distribución con la capa de acceso. Esto se cumple en cada uno de los tres modelos propuestos, teniendo 16 puertos SFP+/SFP que soportan 1 Gigabit Ethernet y 10 Gigabit Ethernet el modelo Cisco Catalyst 4500X-16SFP+, 24 puertos SFP+ que soportan 1 Gigabit Ethernet y 10 Gigabit Ethernet el modelo HP 5920AF-24XG y 24 puertos SFP+ que soportan 10 Gigabit Ethernet así como 4 puertos RJ45 que soportan 100/1000/10GBase-T Ethernet el modelo Netgear M7300-24XF.

En lo referente a la capacidad de conmutación, el modelo de Cisco es superior a los modelos de HP y Netgear, siendo estos dos últimos similares. Mientras que el modelo Cisco Catalyst 4500X-16SFP+ tiene una capacidad de conmutación de 800 Gbps, los modelos HP 5920AF-24XG y Netgear M7300-24XF tienen una capacidad de 480 Gbps.

Sin embargo, la situación se invierte en el caso de la tasa de reenvío de cada switch, siendo el modelo de Cisco el de menor tasa de reenvío con 250 Mpps, seguido por el modelo de Netgear con 357 Mpps y finalizando con el modelo de HP con 367 Mpps.

Al comparar la memoria RAM y flash se tiene que el modelo Cisco Catalyst 4500X-16SFP+ es superior a los otros dos modelos con 4 GB de RAM y 2 GB de memoria flash, seguido por el modelo HP 5920AF-24XG con 2GB de RAM y 256MB de memoria flash y finalizando por el modelo Netgear M7300-24XF con 512MB de RAM y 128MB de memoria flash.

Por último se compararán los precios de los tres modelos. El modelo HP es el más costoso estando su precio entre 5199'85€ y 17935'94€. Le sigue el modelo de Cisco con un precio comprendido entre 5339'76€ y 11514'36€. El más barato es el modelo Netgear, cuyo valor está comprendido entre 4891'17€ y 7915'22€.

En base al estudio anterior, el switch elegido para la capa de distribución es el modelo Cisco Catalyst 4500X-16SFP+. Con este modelo en el edificio de 6 plantas se tendrán 6 puertos libres, mientras que en el edificio de 2 plantas se tendrán 11 puertos libres. Dichos puertos pueden usarse en el caso de que se quiera realizar alguna ampliación en el futuro, contando también con la opción de añadir un módulo formado por 8 puertos SFP+, haciendo que el switch tenga un total de 24 puertos SFP+ si fuera necesario.

## Switches de la Capa de Núcleo

Los criterios por los que se debe regir la elección de los switches de la capa de núcleo son los siguientes:

- Agregado de enlaces.
- Redundancia.

Como se puede ver en la tabla 9, los switches Cisco Catalyst 4500X-16SFP+, HP 5920AF-24XG y Netgear M7300-24XF cumplen los criterios de la capa de distribución, así como los criterios de la capa de núcleo. Por ello, se puede considerar el uso del mismo switch en la capa de distribución y en la capa núcleo. Además, ambas capas poseen requisitos similares debido al diseño de la red con la que se trabaja, en el cual el switch de la capa de distribución del edificio A tendrá que procesar una cantidad de datos mucho mayor que el switch de la capa de distribución del edificio B debido a los puestos de trabajo que se tienen en cada edificio. Esto provoca que el switch que se usará en la capa de distribución pueda tener también un buen rendimiento en la capa de núcleo. Por lo tanto, en la capa de núcleo se usará el mismo modelo que en la capa de distribución, el cual es el switch Cisco Catalyst 4500X-16SFP+.

### 1.8.7. UPS (Uninterruptible Power Supplies) para los repartidores

Para poder realizar un apagado ordenado de los equipos de los repartidores en el caso de que falle el suministro eléctrico se pueden utilizar los UPSs. De esta forma se evitan problemas producidos por un cese de funcionamiento no deseado de los equipos de red, como puede ser que se interrumpan las comunicaciones en la red o se pierdan datos en los equipos. Por lo tanto, a continuación se hará un estudio de tres UPSs distintos para elegir uno de ellos, de tal forma que se incluirá un UPS por repartidor.

Debido al consumo producido por los switches, se buscarán UPSs que soporten como mínimo 4kVA. Los tres UPS que se estudiarán para hacer la elección son:

- APC Smart-UPS SRT 5000VA 230V. Modelo ES-SRT5KXLI [13].
- Eaton 9PX5KIRTN [14].
- CyberPower Smart App Professional Rackmount 6000VA / 4500W XL. Modelo PR6000ELCDRTL2U [15].

Como se puede ver en la tabla 10, en lo referente a la capacidad de potencia de salida, los tres modelos son similares. Sin embargo, si nos fijamos en la topología de cada uno de ellos, mientras que el modelo APC y el Eaton tienen una topología online de doble conversión, el modelo CyberPower trabaja con una topología interactiva, lo cual quiere decir que será capaz de solucionar menos problemas que los otros dos modelos. Además, la tecnología de doble conversión permite dar una alimentación limpia, al convertir la alterna en continua y luego de vuelta a alterna, eliminando posibles problemas.

Tanto el modelo APC como el CyberPower destacan en el número de salidas que poseen con 12 y 11 respectivamente frente al modelo Eaton, con sólo 5.

El modelo APC y el CyberPower poseen la capacidad de realizar una parada de emergencia si fuera necesario. Por otra parte, tanto el modelo APC como el Eaton tienen la función de bypass de mantenimiento, mientras que el modelo CyberPower no. En el caso del modelo APC posee un bypass interno automático que suministrará energía eléctrica a los dispositivos conectados si el UPS se avería o se sobrecarga.

	<b>APC ES-SRT5KXLI</b>	<b>Eaton 9PX5KIRTN</b>	<b>CyberPower PR6000ELCDRTL2U</b>
<b>Capacidad de potencia de salida</b>	4500 W / 5000 VA	4500 W / 5000 VA	4500 W / 6000 VA
<b>Topología</b>	Online doble conversión	Online doble conversión	Interactivo
<b>Pantalla</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Salidas</b>	12	5	11
<b>Batería reemplazable en caliente</b>	Sí	Sí	Sí
<b>Parada de emergencia</b>	Sí	No	Sí
<b>Bypass de mantenimiento</b>	Sí	Sí	No
<b>Tamaño (Ancho x Alto x Profundidad)</b>	43'2 x 13 x 71'9 cm	44 x 13 x 68'5 cm	43'3 x 22 x 64'5 cm
<b>Peso</b>	54'43 Kg	48 Kg	103'5 Kg
<b>Capacidad en el rack</b>	3	3	5
<b>Precio</b>	3425€	2733'89€	2737'15€

Tabla 10. UPS para los repartidores

En cuestión de tamaños y espacio ocupado en el rack, los modelos APC y Eaton son muy similares, mientras que el CyberPower es más alto, lo que provoca que ocupe 2 U más en el rack. Además, éste es también el más pesado con 103'5 Kg, mientras que el modelo APC tiene un peso de 54'43 Kg y el Eaton de 48 Kg.

Los precios de los modelos son 3425€, 2733'89€ y 2737'15€ pertenecientes a los modelos APC, Eaton y CyberPower respectivamente.

En base al estudio anterior, el UPS elegido será el modelo ES-SRT5KXLI de APC, el cual es capaz de darle soporte correctamente a la red que se va a instalar. Además, con este modelo se tendrá tanto la función de parada de emergencia como la de bypass de mantenimiento, incluyendo la capacidad de suministrar energía eléctrica a los dispositivos conectados al UPS si éste se avería o se sobrecarga.

### 1.8.8. Configuración de los dispositivos

En este apartado se encuentra la configuración que se llevará a cabo en los switches.

#### Configuración del nombre del switch

Para asignarle un nombre a un switch, se debe utilizar el comando `hostname nombre` en el modo de configuración global. En este caso los nombres de los switches tendrán el formato:

Repartidor+S+nº de switch

Donde el repartidor vendrá indicado por la letra del edificio en el que se encuentre más el número de planta en el que se encuentre el repartidor. El número de switch dependerá de la posición dentro de ese repartidor, empezando con el número 1 arriba del todo y aumentando conforme baja. Así, el primer switch del repartidor A0 será A0S1.

#### Configuración de puertos de switch en la capa física

En la tabla siguiente se ven los pasos a seguir para configurar tanto la velocidad como la configuración dúplex de cada puerto. El ejemplo se hará con la interfaz FastEthernet0/1, con una velocidad de 1000 Mb/s y una configuración full-dúplex, parámetros que se usarán en los switches de la capa de acceso.

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	<code>configure terminal</code>
Ingresar el modo de configuración de interfaz	<code>interface FastEthernet0/1</code>
Configurar el modo dúplex de la interfaz	<code>duplex full</code>
Configurar la velocidad de la interfaz	<code>speed 1000</code>
Volver al modo EXEC privilegiado	<code>end</code>
Guardar la configuración en ejecución en la configuración de inicio	<code>copy running-config startup-config</code>

Tabla 11. Configuración de velocidad y modo dúplex

Se deberán repetir los comandos correspondientes a ingresar al modo de configuración de interfaz, configurar el modo dúplex y configurar la velocidad para cada puerto que vaya a ser utilizado.

### Auto-MDIX

En los switches Catalyst 2960 la característica auto-MDIX está habilitada por defecto, así que no será necesario introducir ningún comando para ello.

### Verificación de la configuración de puertos de un switch

Para verificar que un switch se ha configurado de forma correcta se utiliza el comando `show running-config`. Por otra parte, con el comando `show interfaces` se puede obtener información estadística y de estado sobre las interfaces de red. Los comandos para verificar la configuración se pueden ver en la tabla siguiente:

Acción	Comando
Mostrar el estado y la configuración de la interfaz	<code>show interfaces [id-interfaz]</code>
Mostrar la configuración de inicio actual	<code>show startup-config</code>
Mostrar la configuración de funcionamiento actual	<code>show running-config</code>
Mostrar información sobre el sistema de archivos flash	<code>show flash</code>
Mostrar el estado del hardware y el software del sistema	<code>show version</code>
Mostrar el historial de comandos introducidos	<code>show history</code>
Mostrar información de IP de una interfaz	<code>show ip [id-interfaz]</code>
Mostrar la tabla de direcciones MAC	<code>show mac-address-table</code> o <code>show mac address-table</code>

Tabla 12. Comandos para verificar configuraciones de un switch

### Banners

Para configurar un banner MOTD se deben seguir los siguientes pasos:

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Especificar el mensaje	banner motd <i>C mensaje C</i>
Volver al modo EXEC privilegiado	end
Guardar la configuración en ejecución en la configuración de inicio	copy running-config startup-config

Tabla 13. Configurar un banner

En la tabla anterior, donde se encuentra el commando banner motd *C mensaje C*, *C* es un carácter delimitador que marcará tanto el comienzo como el final del mensaje. Por ejemplo, si se tuviera “# Hola #”, *C* sería el carácter # y Hola el mensaje.

Si en lugar de configurar el banner MOTD se deseara configurar el banner de login o exec, sólo es necesario cambiar la palabra motd por login o exec en el comando banner motd *C mensaje C*.

En este caso se configurará un banner MOTD en los switches de la red con el comando:

```
banner motd # Bienvenido a la red de datos de los edificios TIN #
```

### Seguridad en el puerto de consola

Para configurar la contraseña del puerto de consola se deben seguir los siguientes pasos:

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Acceder a la interfaz de consola	line console 0
Indicar al dispositivo que debe mostrar el prompt requiriendo el ingreso de la clave cuando se intenta el acceso por consola	login
Configurar la contraseña de la interfaz	password <i>contraseña_elegida</i>

Tabla 14. Configurar la contraseña del puerto de consola.

En el caso de este proyecto la contraseña elegida será PFC. Estos comandos deberán repetirse en todos los switches.

### Protocolo SSH

Para configurar el protocolo SSH en el switch se deben seguir los siguientes pasos:



Pasos	Comandos
Verificar la compatibilidad con SSH	show ip ssh
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Configurar el dominio IP	ip domain-name <i>nombre_de_dominio</i>
Generar pares de claves RSA para habilitar el servidor SSH	crypto key generate rsa
Configurar la autenticación del usuario	username <i>nombre_de_usuario</i> secret <i>contraseña</i>
Configurar líneas vty	line vty
Requerir autenticación local de las conexiones SSH mediante la base de datos de nombres de usuarios locales	login local
Configurar la versión 2 de SSH	ip ssh version 2

Tabla 15. Configurar la contraseña del puerto de consola.

En este caso el nombre del dominio será Edificios\_TIN. Al utilizar el comando para crear pares de claves RSA el sistema solicitará que se introduzca una longitud de módulo. Cisco recomienda que esta longitud sea como mínimo de 1024 bits. Cuanto mayor sea la longitud, más segura será y más tardará en generar y utilizar el módulo. Para configurar la autenticación del usuario se usará admin como nombre de usuario y PFC como contraseña.

Para saber qué versión de SSH admite el switch se usa el comando show ip ssh. Si el resultado es 1.99 quiere decir que admite tanto la versión 1 como la 2. Sin embargo, la versión 1 tiene vulnerabilidades conocidas, por lo que se trabajará con la 2.

Estos comandos deberán repetirse en todos los switches para activar SSH en todos ellos.

### Verificación de SSH

Para conectarse a un servidor SSH desde un ordenador es necesario usar un cliente SSH, como puede ser PuTTY. Para verificar que el SSH funciona correctamente, el ordenador debe iniciar una conexión SSH a la dirección IP de la VLAN SVI del switch. Una vez hecho, se le debe solicitar al usuario el nombre de usuario y la contraseña que se introdujeron en el comando username *nombre\_de\_usuario* secret *contraseña* del apartado anterior. Una vez introducidos usuario y contraseña, el usuario estará conectado al switch mediante SSH.

Para saber cuál es la configuración SSH del switch se usa el comando show ip ssh. Para saber las conexiones SSH al dispositivo se usa el comando show ssh.

### Seguridad en el modo EXEC privilegiado

Para configurar la contraseña del modo EXEC privilegiado se deben seguir los pasos de la tabla siguiente.

Pasos	Comandos
Acceder al modo de acceso privilegiado	enable
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Establecer contraseña cifrada	enable secret <i>contraseña</i>

Tabla 16. Configurar la contraseña del modo EXEC privilegiado.

En el caso de este proyecto la contraseña elegida será PFC. Estos comandos deben repetirse en todos los switches para tener como contraseña del modo EXEC privilegiado PFC en todos ellos.

### Seguridad de puertos

Para configurar la seguridad en cada puerto se seguirán los siguientes pasos:

Pasos	Comandos
Especificar la interfaz que se debe configurar para la seguridad de puertos	interface <i>interfaz_switch</i>
Establecer la interfaz en modo de acceso	switchport mode access
Establecer la seguridad de puerto en la interfaz	switchport port-security
Establecer la cantidad máxima de direcciones seguras permitidas en el puerto	switchport port-security maximum 10
Habilita el aprendizaje por persistencia	switchport port-security mac-address sticky
Establecer el modo de violación	switch port-security violation restrict

Tabla 17. Configurar la seguridad de cada puerto.

Estos comandos deberán llevarse a cabo para cada interfaz que se vaya a utilizar de los switches de la red.

### Seguridad de puertos: verificación

Para mostrar la configuración de seguridad de un puerto, se usa el comando `show port-security interface id_interfaz`. Además, para mostrar las direcciones MAC seguras configuradas en las interfaces se usa el comando `show port-security address`.

### Puertos no usados

Para desactivar los puertos en desuso del switch se utiliza el comando `shutdown`. Para volver a activar el puerto se debe usar el comando `no shutdown`. Para modificar un rango de interfaces se usa el comando `interface range módulo/primer_número-último_número`. Por ejemplo, `interface range fastethernet 0/1-24`. Por lo tanto, se usará el comando `shutdown` en cada interfaz que no vaya a ser utilizada en los switches.

### Creación de una VLAN

Al crear una VLAN en un switch Cisco, se guarda la configuración en la memoria flash persistente, por lo que no es necesario el comando `copy running-config startup-config`. Sin embargo, ya que se suelen configurar otros detalles junto a la creación de la VLAN, es aconsejable utilizar dicho comando.

Para crear una VLAN hay que seguir los siguientes pasos:

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	<code>configure terminal</code>
Crear una VLAN con un número de ID válido	<code>vlan <i>id_vlan</i></code>
Especificar un nombre único para identificar la VLAN	<code>name <i>nombre_vlan</i></code>
Volver al modo EXEC privilegiado	<code>end</code>

Tabla 18. Crear una VLAN.

En la red con la que se va a trabajar se crearán tres VLAN de datos: Administración, Programación y Diseño. Estas VLAN serán la 10, 20 y 30 respectivamente. Además, se creará la VLAN 40 para que trabaje como VLAN nativa en los enlaces troncales.

El comando `show vlan brief` muestra el contenido del archivo `vlan.dat`, donde se guarda la configuración de las VLAN del switch.

Los comandos para crear las tres VLANs deberán llevarse a cabo en el switch servidor del protocolo VTP, el cual se verá más adelante.

### Asignar puertos a las redes VLAN

Tras crear la VLAN hay que asignarle los puertos. Como se indica en el capítulo 2, un puerto de acceso sólo puede pertenecer a una VLAN, con la excepción de un puerto conectado a un teléfono IP, que tendría dos VLAN asociadas al puerto siendo una para voz y otra para datos.

Para asignar puertos a una VLAN se deben seguir los siguientes pasos:

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Ingresar al modo de configuración de interfaz para la SVI	interface <i>id_interfaz</i>
Establecer el puerto en modo de acceso	switchport mode access
Asignar el puerto a una VLAN	switchport access vlan <i>id_vlan</i>
Volver al modo EXEC privilegiado	end

Tabla 19. Asignar puertos a una VLAN.

Para configurar varias interfaces de forma simultánea se utiliza el comando `interface range`, como se dijo anteriormente.

A continuación se verán los rangos de interfaces en los que se dividen las VLANs, siguiendo las normas de rotulación del apartado 4.1.4:

- **Administración, VLAN 10.**
  - Desde A0.0.3.1 hasta A0.0.4.6.
- **Programación, VLAN 20.**
  - Desde A1.1.1.1 hasta A1.1.1.28.
  - Desde A-2.-2.1.1 hasta A-2.-2.3.12.
  - Desde A-2.-3.3.13 hasta A-2.-3.4.40.
  - Desde B0.0.2.1 hasta B0.0.4.34.
- **Diseño, VLAN 30.**
  - Desde A1.1.1.29 hasta A1.1.2.46.
  - Desde A1.2.3.1 hasta A1.2.3.20.

- Desde A0.-1.4.7 hasta A0.-1.5.18.
- Desde B1.1.1.1 hasta B1.1.2.22.

Para simplificar el proceso de asignación de todos los puertos se puede usar el comando `interface range módulo/primer_número-último_número` visto anteriormente.

### IP de cada VLAN

Cada VLAN trabajará en una red distinta. Estas redes son:

- Administración: Red 172.16.0.0 con máscara 255.255.0.0.
- Programación: Red 172.17.0.0 con máscara 255.255.0.0.
- Diseño: Red 172.18.0.0 con máscara 255.255.0.0.

Por lo tanto, en cada VLAN podrán ser asignadas un total de  $2^{16} - 2$  IPs, lo cual hace un total de 65534 IPs.

Para asignar una IP a una VLAN se utiliza el comando `ip address IP máscara` dentro del modo de configuración de la VLAN.

### Eliminar una interfaz de una VLAN

Para eliminar una interfaz de una VLAN se utiliza el comando `no switchport access vlan`.

### Eliminar una VLAN

Para eliminar una VLAN hay que usar el comando `no vlan id_vlan` en el modo de configuración global (configure terminal). Antes de eliminar una VLAN hay que reasignar los puertos a otra VLAN activa.

### Verificación de información de VLAN

Para verificar la información de las VLAN en un switch se pueden usar el comando `show vlan [brief | id id_vlan | name nombre_vlan | summary]`. Para mostrar una línea para cada VLAN con el nombre, estado y los puertos de la misma se usa `show vlan brief`. Para mostrar información sobre una VLAN identificada por su número de ID se usa `id id_vlan`. Para mostrar información sobre una VLAN identificada por su nombre se usa `name nombre_vlan`. Por último, para mostrar un resumen de información de la VLAN se utiliza `summary`.

También se puede verificar la información sobre las VLAN con el comando `show interfaces [ id_interfaz | vlan id_vlan ] | switchport`. La opción `id_interfaz` muestra información sobre la interfaz. La opción `vlan id_vlan` muestra información sobre la vlan introducida. La opción `switchport` muestra el estado de administración y operación de un puerto de conmutación, incluyendo configuraciones de bloqueo y protección del puerto.

### Configuración de acceso a la administración básica de un switch con IPv4

Esta configuración debe hacerse si se quiere configurar el switch de forma remota. En primer lugar se verá la configuración de la interfaz de administración de un switch en la tabla 20.

Pasos	Comando
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Ingresar al modo de configuración de interfaz para SVI	interface vlan 99
Configura la dirección IP de la interfaz de administración	ip address <i>ip_gateway</i> 255.255.0.0
Habilitar la interfaz de administración	no shutdown
Volver al modo EXEC privilegiado	end
Guardar la configuración en ejecución en la configuración de inicio	copy running-config startup-config

Tabla 20. Configuración de la interfaz de administración de un switch

En segundo lugar se debe configurar el gateway predeterminado. Los pasos a seguir se ven en la tabla 21.

Para verificar la configuración de la interfaz de administración de un switch se debe usar el comando show ip interface brief.

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Configurar el gateway predeterminado del switch	ip default-gateway <i>ip_gateway</i>
Volver al modo EXEC privilegiado	end
Guardar la configuración en ejecución en la configuración de inicio	copy running-config startup-config

Tabla 21. Configuración del gateway predeterminado de un switch

### Configuración de enlaces troncales IEE 802.1Q

Un enlace troncal de VLAN se produce entre dos switches para transportar el tráfico para todas las VLAN, a no ser que se le indique lo contrario mediante una lista. Para

habilitar estos enlaces se deben configurar los puertos en uno de los dos extremos del enlace físico con conjuntos de comandos paralelos.

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	<code>configure terminal</code>
Ingresar al modo de configuración de interfaz para la SVI	<code>interface <i>id_interfaz</i></code>
Hacer que el enlace sea un enlace troncal	<code>switchport mode trunk</code>
Especificar una VLAN nativa para enlaces troncales 802.1Q sin etiquetar	<code>switchport trunk native vlan <i>id_vlan</i></code>
Especificar la lista de VLAN que se permitirán en el enlace troncal	<code>switchport trunk allowed vlan <i>lista_vlan</i></code>
Volver al modo EXEC privilegiado	<code>end</code>

Tabla 22. Configurar enlace troncal.

Para configurar un enlace troncal, se debe utilizar el comando `switchport mode trunk` en un puerto perteneciente a dicho enlace de un switch de uno de los dos extremos. En la tabla 22 se tienen los pasos para configurar un enlace troncal (configurando el puerto como enlace troncal y añadiendo las VLAN permitidas en dicho enlace)

En el caso específico de la red con la que se trabaja en este proyecto, en cada interfaz que se vaya a configurar como enlace troncal se hará, dentro del modo de configuración global:

```
interface interfaz_con_la_que_se_trabaja
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 40
switchport trunk allowed vlan lista_vlan
end
```

Estos comandos se llevarán a cabo en las interfaces GigabitEthernet1/1 de cada switch de la capa de acceso. Además, se realizarán en las interfaces GigabitEthernet0/1 y GigabitEthernet0/2 del switch de la capa núcleo, el cual corresponde al primer switch del repartidor A0. En el segundo responsable de la capa de distribución del edificio A se ejecutarán estos comandos desde la interfaz GigabitEthernet0/1 hasta la interfaz GigabitEthernet0/11 incluida. Por último, se realizarán también en el switch responsable de la capa de distribución del edificio B desde la interfaz GigabitEthernet0/1 hasta la interfaz GigabitEthernet0/6.

A continuación se indicarán las VLANs que deben permitirse en cada enlace nombrando a los switches siguiendo el apartado 4.1.4. Normas de rotulación:

- Conexión entre A0S1 y A0S2: 10, 20, 30, 40

- Conexión entre A0S1 y B0S1: 10, 20, 30, 40
- Conexión entre A0S2 y A0S3: 10, 40
- Conexión entre A0S2 y A0S4: 10, 30, 40
- Conexión entre A0S2 y A0S5: 30, 40
- Conexión entre A0S2 y A1S1: 20, 30, 40
- Conexión entre A0S2 y A1S2: 30, 40
- Conexión entre A0S2 y A1S3: 30, 40
- Conexión entre A0S2 y A-2S1: 20, 40
- Conexión entre A0S2 y A-2S2: 20, 40
- Conexión entre A0S2 y A-2S3: 20, 40
- Conexión entre A0S2 y A-2S4: 20, 40
- Conexión entre B0S1 y B0S2: 20, 40
- Conexión entre B0S1 y B0S3: 20, 40
- Conexión entre B0S1 y B0S4: 20, 40
- Conexión entre B0S1 y B1S1: 30, 40
- Conexión entre B0S1 y B1S2: 30, 40

### Restablecimiento del enlace troncal al estado predeterminado

Cuando se restablece el enlace troncal al estado predeterminado, permitiría todas las VLAN y utiliza la VLAN 1 como VLAN nativa. En la siguiente tabla se ven los comandos a seguir:

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Ingresar al modo de configuración de interfaz para la SVI	interface <i>id_interfaz</i>
Establecer el enlace troncal para permitir todas las VLAN	no switchport trunk allowed vlan



Restablecer la VLAN nativa al valor predeterminado	no switchport trunk native vlan
Volver al modo EXEC privilegiado	end

Tabla 23. Restablecimiento de valores configurados en enlaces troncales.

### Verificación de la configuración de enlace troncal

Para verificar esta configuración se utiliza el comando `show interfaces id_interfaz switchport`.

### Configuración VTP

Los switches trabajarán en la versión 1 de VTP, ya que no se trabajará con las VLANs de rango extendido ni con una topología token ring. Dado que esta es la configuración por defecto, no se necesita ningún comando adicional.

Por defecto todos los switches actúan como servidores. Teniendo esto en cuenta, los comandos a realizar en un switch servidor son:

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Cambiar el nombre del dominio	vtp domain <i>nombre_dominio</i>
Asignar una contraseña al dominio	vtp password <i>contraseña</i>

Tabla 24. Configuración de switch servidor.

Los comandos a realizar en un switch cliente son:

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Configurar switch como cliente	vtp mode client
Cambiar el nombre del dominio	vtp domain <i>nombre_dominio</i>
Asignar una contraseña al dominio	vtp password <i>contraseña</i>

Tabla 25. Configuración de switch cliente.

En la red con la que se trabajará, la cual tiene una topología en árbol, el servidor será el nodo raíz, es decir, el switch de la capa de núcleo. El resto serán clientes. El nombre del dominio será `vlanPFC` y la contraseña `PFC`.

### Modos de interfaz negociados

En esta red el modo de enlace troncal será no negociado en las conexiones entre los switches de la capa de acceso y los de la capa de distribución, ya que los modos de negocio sólo están soportados por los switches Catalyst 2960 en esta red.

### PVST+ rápido

Para configurar PVST+ rápido se deben seguir los siguientes pasos:

Pasos	Comandos
Ingresar al modo de configuración global	configure terminal
Configurar el modo de árbol de expansión PVST+ rápido	spanning-tree mode rapid-pvst
Ingresar al modo de configuración de interfaz y especificar una interfaz para configurar	interface <i>id_interfaz</i>
Especificar el tipo de enlace como punto a punto	spanning-tree link-type point-to-point
Volver al modo EXEC privilegiado	end
Borrar todos los STP detectados	clear spanning-tree detected-protocols

Tabla 26. Configuración de switch cliente.

Estos comandos se deben llevar a cabo en las mismas interfaces en las que se dijo anteriormente que debían ejecutarse los comandos para configurar los enlaces troncales.

Teniendo en cuenta que se trabaja con una red con topología de árbol sin bucles, puede convenir convertir el nodo raíz de dicha topología en el puente raíz de PVST+. Para hacer esto, en el modo de configuración global del switch `spanning-tree vlan id_vlan root primary`. Deberá ejecutarse 3 veces, una para la VLAN administración con el id 10, otra para la VLAN de programación con el id 20 y una más para la VLAN de diseño con el id 30.

Para ver los resultados de cada VLAN se usa el comando `show spanning-tree vlan id_vlan`.

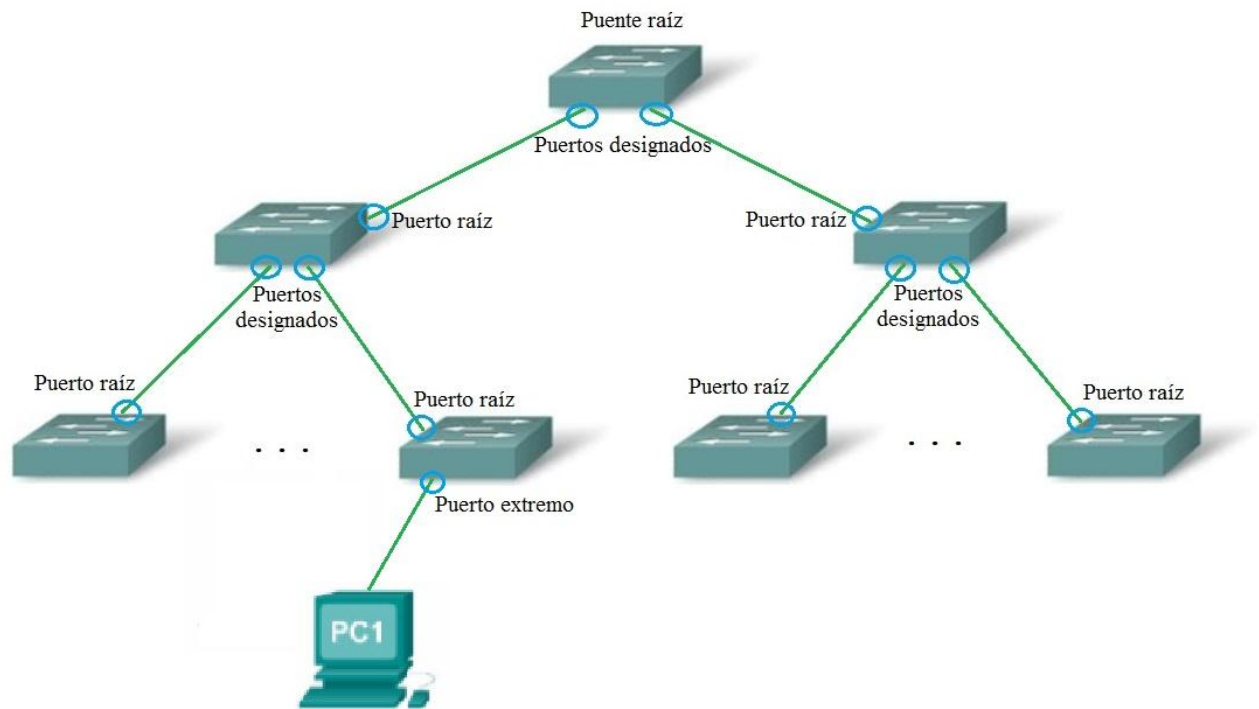


Figura 1. Esquema PVST+ de la red.

En la figura anterior se pueden ver los distintos puertos de la red teniendo como puente raíz el nodo raíz de la topología. La primera fila compuesta por un sólo switch corresponde a la capa núcleo, la segunda fila corresponde a los dos switches de la capa de distribución, y la tercera fila corresponde a todos los switches de la capa de acceso, de los cuales sólo se han dibujado 4 para resumir en la imagen. Todas las conexiones entre las capas de distribución y acceso tienen el puerto raíz y el puerto designado en los mismos extremos del enlace que en las conexiones mostradas en la imagen. Por último, se ha mostrado un dispositivo final para ver los puertos extremos, los cuales se encuentran en el extremo del switch en las conexiones entre los switches de la capa de acceso y los dispositivos finales.

## 1.9. Topología de la red

En este apartado se tratarán la topología lógica y la física de la red.

### Topología lógica

En la topología lógica de la red se hará una división en tres capas, las cuales se han mencionado en apartados anteriores. Estas capas son la capa de núcleo, de distribución y de acceso.

- **Capa de núcleo.** Se tiene un sólo switch que realizará las funciones de repartidor de campus, conectando los edificios A y B. En la capa

- **Capa de distribución.** Se tienen dos switches que realizarán las funciones de repartidor de edificio, existiendo un repartidor de este tipo en cada edificio. Cada switch de esta capa se conectará a todos los repartidores de planta del edificio del que forme parte.
- **Capa de acceso.** Se tienen 10 switches en el edificio A y 5 en el edificio B. Estos realizarán las funciones de repartidor de planta, ofreciendo servicio a las tomas de telecomunicaciones de las diferentes plantas de cada edificio.

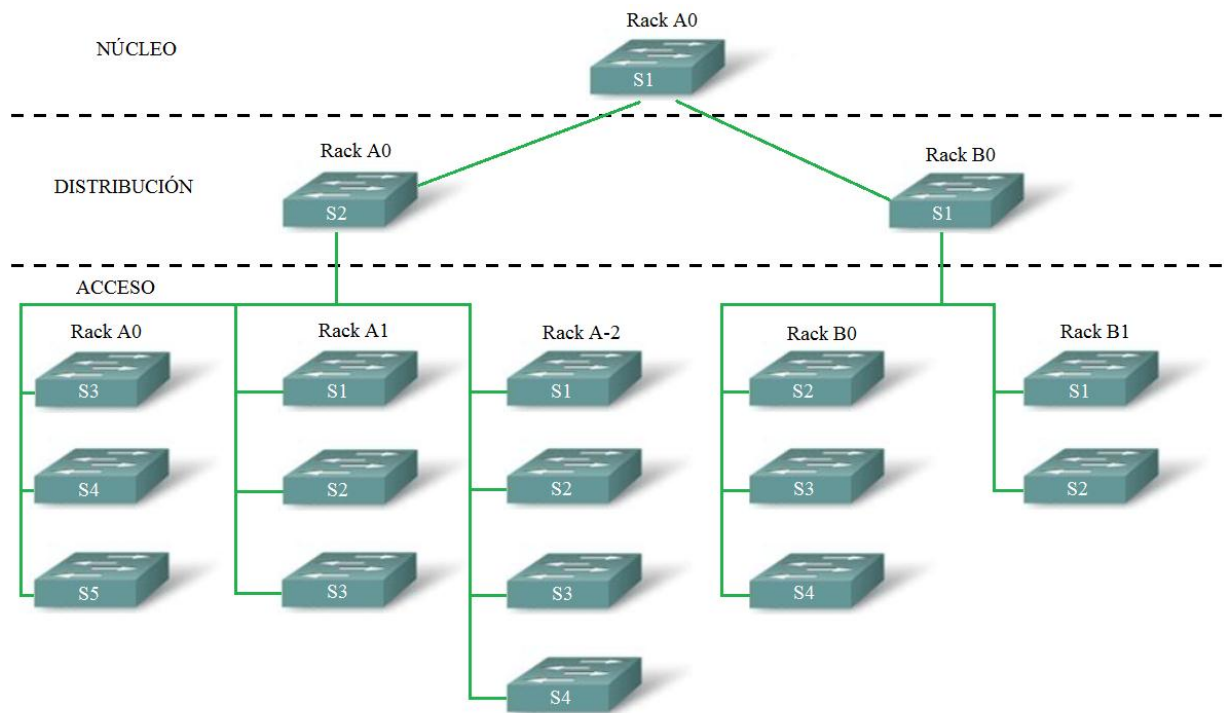


Figura 2. Topología lógica de la red

### Topología física

La topología física de la red corresponde a una topología en árbol. El nodo raíz de este árbol es el switch que se encargará de las funciones de repartidor de campus. A partir de éste es posible llegar al resto de la red a través de los switches que ejercen de repartidores de edificio y de planta. En esta red el nodo raíz se encuentra en el repartidor de campus ubicado en la planta baja del edificio A. En el segundo nivel del árbol se tienen los dos switches que forman parte de los repartidores de edificio, los cuales se encuentran en las plantas bajas del edificio A y el B. Por último, en el tercer nivel se tienen los switches que forman parte de los repartidores de planta, los cuales se encuentran en las plantas baja, 1ª y -2ª del edificio A y las plantas baja y 1ª del edificio B. Estos switches se encargan de dar servicio a las tomas de telecomunicaciones.

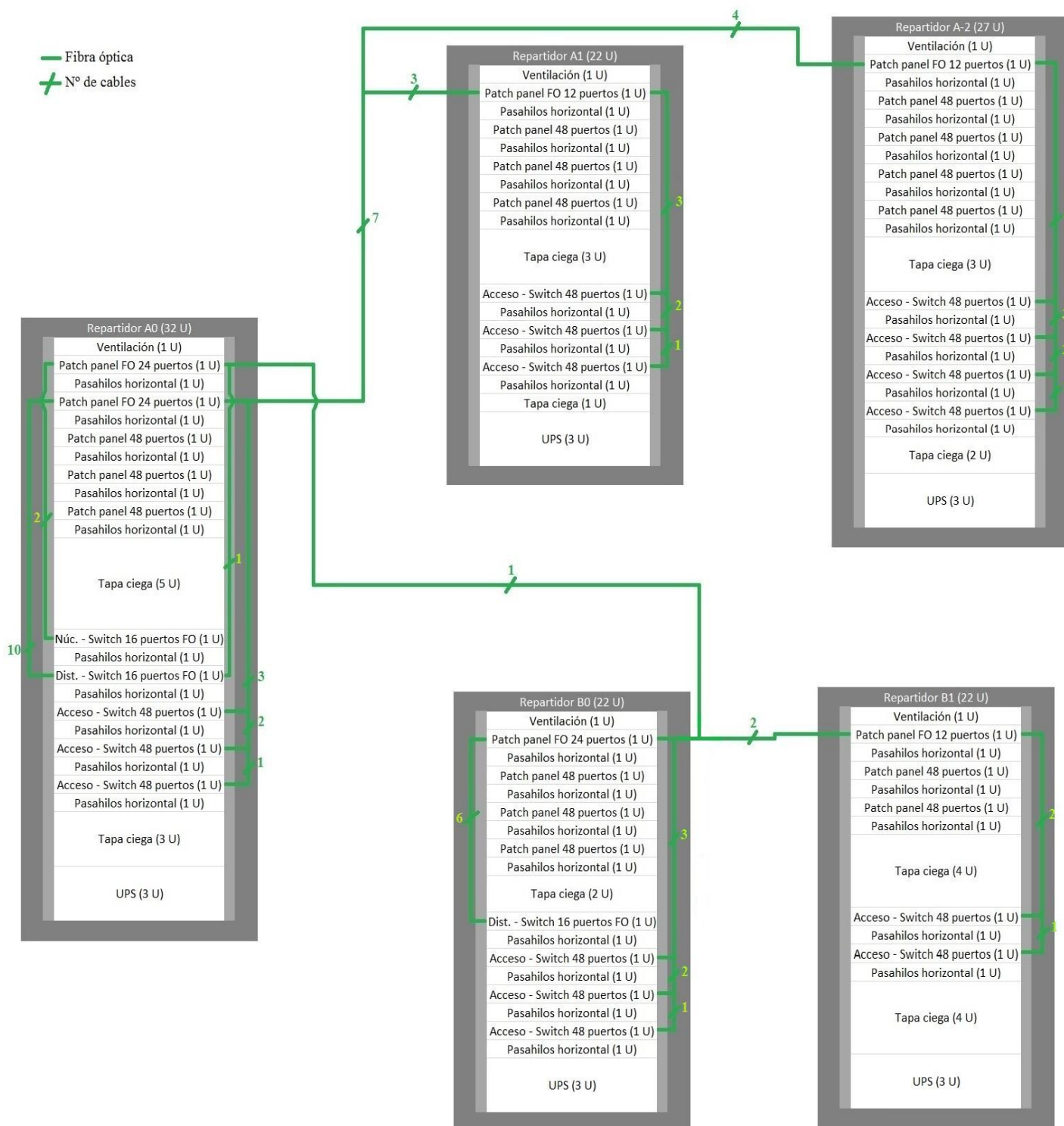


Figura 3. Topología física de la red

1.10. Planificación

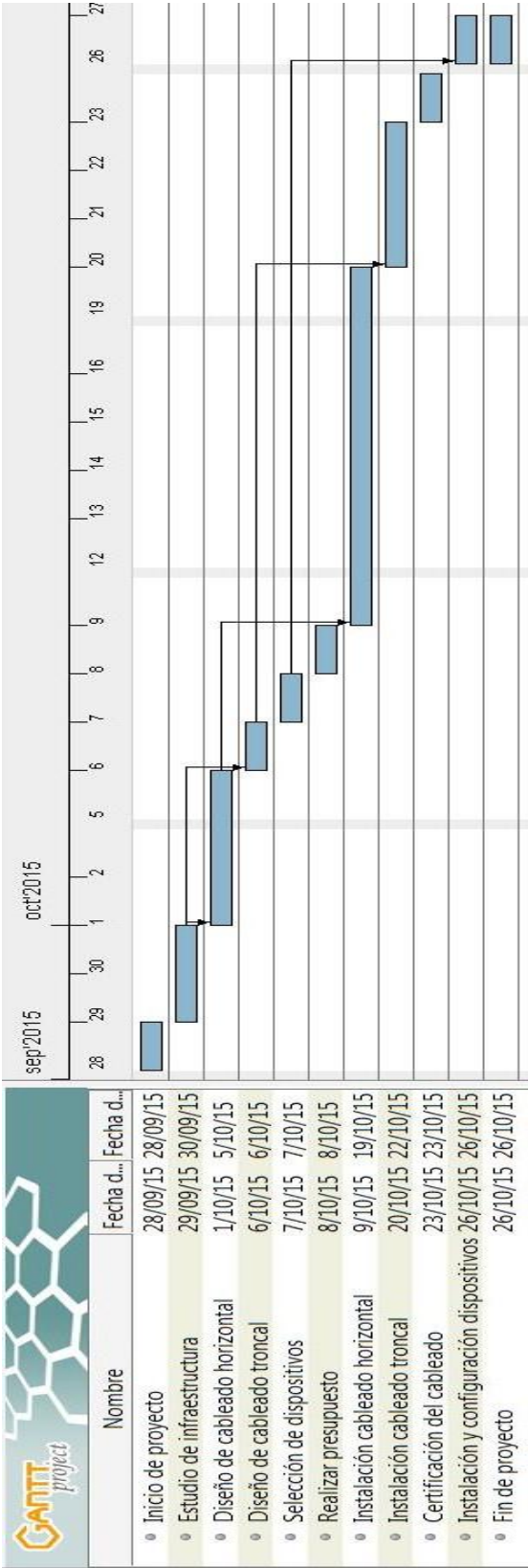


Figura 4. Diagrama de Gantt del proyecto

### **1.11. Orden de prioridad entre los documentos básicos**

En este apartado se establecerá un orden de prioridad entre los documentos básicos del proyecto, los cuales son: memoria, estudio teórico, planos, pliego de condiciones, estado de mediciones y presupuesto.

En primer lugar está el estudio teórico junto a la memoria. En el estudio teórico se tiene la teoría relacionada a los temas tratados en la memoria. En la memoria se estudian los edificios en los que se va a colocar el sistema de cableado estructurado para más tarde idear una solución que permita el correcto funcionamiento de la red para todos los puestos de trabajo necesarios en ambos edificios. A partir de la memoria se podrán obtener los otros documentos básicos que van por debajo en el orden de prioridad. En segundo lugar se tienen los planos, donde se puede ver cómo irá el cableado en los dos edificios con los que se está trabajando, así como la estructura de cada repartidor y la distribución de las distintas VLANs. En tercer lugar está el presupuesto, donde se ven los gastos ocasionados por los materiales necesarios para llevar a cabo el proyecto. En cuarto lugar y último lugar se tienen, al mismo nivel, el pliego de condiciones y el estado de mediciones, donde se estudiarán las características de todos los materiales necesarios, así como la cantidad que hará falta de cada uno de ellos.





## Capítulo 2

# Estudio teórico



# Índice del Estudio teórico

2.1.	Tecnologías Ethernet .....	51
2.1.1.	Especificaciones IEEE 802.3 10 Mbps (ETHERNET) .....	51
2.1.2.	Especificaciones IEEE 802.3 100 Mbps (FAST ETHERNET) .....	52
2.1.3.	Gigabit Ethernet .....	54
2.1.4.	ETHERNET de 10 Gbps .....	55
2.1.5.	Ethernet a 40 Gbps y 100 Gbps .....	56
2.2.	Redes jerárquicas .....	58
2.2.1.	Introducción .....	58
2.2.2.	Capa de acceso .....	58
2.2.3.	Capa de distribución .....	59
2.2.4.	Capa núcleo .....	59
2.2.5.	Beneficios de una red jerárquica .....	59
2.2.6.	Principios de diseño de redes jerárquicas .....	60
2.2.7.	¿Qué es una red convergente? .....	62
2.2.8.	Consideraciones para los switches de redes jerárquicas .....	63
2.3.	Switches .....	66
2.3.1.	Características de los switches .....	66
2.3.2.	Funcionalidad de la PoE y de la Capa 3 .....	69
2.3.3.	Características del switch en una red jerárquica .....	69
2.4.	Sistema de cableado genérico .....	73
2.4.1.	Estructura del sistema de cableado genérico en edificios de oficinas .....	73
2.4.2.	Prestaciones de canal en edificios de oficina .....	85
2.4.3.	Referencias de implementación en edificios de oficina .....	105
2.4.4.	Requisitos de cable en edificios de oficinas .....	113
2.4.5.	Requisitos del hardware de conexión en edificios de oficina .....	114
2.4.6.	Requisitos para latiguillos y puentes en edificios de oficinas .....	120
2.4.7.	Aplicaciones soportadas .....	123
2.5.	Configuración de los switches .....	128
2.5.1.	Configuración básica .....	128
2.5.2.	Configuración con máxima seguridad .....	129
2.5.3.	Configuración centralizada de VLANs .....	131
2.5.4.	Configuración de STP rápido .....	135



## 2.1. Tecnologías Ethernet

Ethernet o IEEE 802.3 ha sido la tecnología LAN de mayor éxito, tanto por su simplicidad en su implementación como por su bajo costo comparándolo con otras tecnologías. Además, tiene la capacidad de ser flexible, de forma que puede satisfacer las nuevas necesidades y capacidades de los medios.

En este estándar existe tanto una capa de control de acceso al medio como una capa física.

El estándar IEEE 802.3 ha sido el más activo en la definición de distintas configuraciones físicas alternativas, lo cual provoca que la normalización responda a la evolución de la tecnología. Sin embargo, también provoca que tanto el consumidor como el proveedor se encuentren con una gran variedad de opciones. Por ello, el comité ha trabajado para que las distintas opciones existentes se integren fácilmente en una configuración que satisfaga un gran número de necesidades.

A continuación se verán las distintas especificaciones [16] que existen de Ethernet.

### 2.1.1. Especificaciones IEEE 802.3 10 Mbps (ETHERNET)

Para distinguir las diferentes implementaciones, la notación usada es la siguiente:

<velocidad de transmisión en Mbps><método de señalización><longitud  
máximo del segmento en centenas de metros>

Las distintas especificaciones son:

**10BASE5:** Usa cable coaxial de 50 ohmios, señalización digital Manchester y la longitud máxima del segmento de cable se fija a 500 metros (extensible mediante repetidores). Sólo se pueden colocar repetidores de tal forma que no se formen bucles. Hay un límite fijado en cuatro repetidores en el camino entre dos estaciones cualquiera. De esta forma la longitud puede llegar hasta 2'5 km.

**10BASE2:** Es similar al anterior, con la diferencia de que usa un cable más fino que admite tomas de conexión para distancias más cortas.

**10BASE-T:** Usa una topología en estrella junto a par trenzado no apantallado. La longitud de cada enlace se restringe a 100 m debido a la alta velocidad y baja calidad del cable. La longitud máxima puede aumentar a 500 m usando fibra óptica.

**10BASE-F:** Se divide en tres especificaciones: la primera de ellas usa una topología en estrella pasiva para la interconexión de estaciones y repetidores con segmentos de hasta 1 km de longitud, la segunda usa un enlace punto a punto que puede ser usado para conectar estaciones o repetidores separados hasta 2 km, y la tercera usa un enlace punto a punto que puede utilizarse para conectar repetidores a una distancia máxima de 2 km.

En las especificaciones 10BASE-T y 10BASE-F se usa la T para indicar que utiliza par trenzado y la F para indicar que utiliza fibra óptica.

### 2.1.2. Especificaciones IEEE 802.3 100 Mbps (FAST ETHERNET)

Con Fast Ethernet se pretende conseguir una red LAN de bajo coste compatible con Ethernet que funcione a 100 Mbps. La designación genérica para estos estándares es 100BASE-T. Existen varias alternativas para los diferentes medios de transmisión.

Todas las opciones 100BASE-T usan el protocolo MAC y el formato de la trama IEEE 802.3. Además, los esquemas 100BASE-X usa pares trenzados apantallados o no apantallados de alta calidad (UTP categoría 5) y dos enlaces físicos entre los nodos, de forma que se transmite por uno de ellos y se recibe por el otro. Por otra parte, 100BASE-FX usa fibra óptica.

	<b>10BASE5</b>	<b>10BASE2</b>	<b>10BASE-T</b>	<b>10BASE-FP</b>
<b>Medio de transmisión</b>	Cable coaxial (50 ohm)	Cable coaxial (50 ohm)	Par trenzado no apantallado	Par de fibra óptica a 850 nm
<b>Técnica de señalización</b>	Banda base (Manchester)	Banda base (Manchester)	Banda base (Manchester)	Manchester/on-off
<b>Topología</b>	Bus	Bus	Estrella	Estrella
<b>Longitud máxima del segmento (m)</b>	500	185	100	500
<b>Nodos por segmento</b>	100	30	-	33
<b>Diámetro del cable (mm)</b>	10	5	0'4 a 0'6	62'5/125 $\mu$ m

Tabla 27. Alternativas para IEEE 802.3 10 Mbps

La topología de todas las opciones 100BASE-T es de estrella.

A continuación se verán las características de distintas opciones de Fast Ethernet.

#### 100BASE-X

Identifica al conjunto de opciones que usan las especificaciones del medio físico definidas originalmente para FDDI (Fiber Distributed Data Interface). Para conseguir los 100 Mbps en un solo sentido se usa un único enlace de par trenzado individual o fibra óptica individual. El medio necesita un esquema de codificación de señal efectivo y eficiente, el cual se denomina 4B/5B-NRZI y es particular para cada opción. Dentro de 100BASE-X se definen dos especificaciones según el medio, las cuales son:

- **100BASE-TX**, la cual utiliza dos pares de cable de par trenzado apantallado o sin apantallar de Categoría 5. Un par se usará para transmisión y el otro para recepción. Usa el esquema de codificación de señal MLT-3.
- **100BASE-FX**, la cual utiliza dos fibras ópticas, una para transmitir y otra para recibir. Es necesario un método para convertir la secuencia de grupos de código 4B/5B-NRZI en señales ópticas. Esta conversión se denomina modulación en intensidad. Un uno binario se representará como un haz o pulso de luz, mientras que un cero binario será representado por la ausencia de dicha luz, o una luz de baja intensidad.

### 100BASE-T4

Con 100BASE-T4 se pretende reutilizar instalaciones ya existentes de cable de tipo 3 de baja calidad, aunque también permite usar cable de tipo 5. Es útil para sistemas alimentados por batería debido a que no transmite una señal continua entre paquetes.

Para transmitir los datos la secuencia se divide en tres secuencias distintas, transmitiendo cada una a 33'3 Mbps. Utiliza cuatro pares trenzados, usando tres de ellos para transmitir y otros tres para recibir, lo que quiere decir que dos de los pares deben estar configurados para una transmisión bidireccional.

	<b>100BASE-TX</b>		<b>100BASE-FX</b>	<b>100BASE-T4</b>
<b>Medio de transmisión</b>	2 pares, STP	2 pares, UTP categoría 5	2 fibras ópticas	4 pares, UTP categoría 3, 4 o 5
<b>Técnica de señalización</b>	MLT-3	MLT-3	4B5B, NRZI	8B6T, NRZ
<b>Velocidad de transmisión</b>	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps
<b>Longitud máxima del segmento</b>	100 m	100 m	100 m	100 m
<b>Cobertura de la red</b>	200 m	200 m	400 m	200 m

Tabla 28. Alternativas para IEEE 802.3 100BASE-T

### Funcionamiento full-duplex

Las redes Ethernet tradicionales son semi-duplex, por lo cual una estación podrá enviar o recibir una trama, pero no podrá realizar las dos acciones simultáneamente. En cambio, en redes full-duplex, una estación sí puede transmitir y recibir al mismo tiempo, por lo que una red Ethernet a 100 Mbps podría alcanzar los 200 Mbps.

Para conseguir una full-duplex, las estaciones conectadas deben tener tarjetas adaptadoras full-duplex. Además el punto central de la topología es un concentrador conmutado, de forma que cada estación constituirá un dominio de colisión separado.

Así, las colisiones no se producirán. Se sigue usando el formato de trama MAC 802.3 y el algoritmo CSMA/CD (aunque no haya colisiones).

### Configuraciones mixtas

Fast Ethernet puede soportar sin complicaciones una configuración que incluya diferentes redes LAN a 10 Mbps, además de las nuevas a 100 Mbps. Por ejemplo, se puede dar el caso en el que la tecnología a 100 Mbps sea usada como una red LAN troncal que interconecte varios concentradores de 10 Mbps. Mientras que las estaciones que se conecten a los concentradores lo harían usando 10BASE-T, los concentradores se conectarían entre sí usando 100BASE-T. Además, los concentradores de 100 Mbps proporcionan una red troncal que puede ser conectada a una red WAN exterior a través de un encaminador.

### 2.1.3. Gigabit Ethernet

El comité IEEE 802.3 ha conseguido especificar un conjunto de estándares a 1000 Mbps. En estos, se sigue usando el protocolo CSMA/CD y el formato de trama de sus predecesores. Es compatible con 100BASE-T y 10BASE-T, facilitando así la migración. Debido a que cada vez se usa más 100BASE-T, lo cual provoca grandes cantidades de tráfico en las líneas troncales, la demanda de Gigabit Ethernet aumenta.

#### Capa de acceso al medio

Respecto a las versiones a 10 Mbps y 100 Mbps, el esquema CSMA/CD ha sido mejorado en dos aspectos relacionados con el funcionamiento de los concentradores:

- **Extensión de la portadora:** Para hacer más larga la duración de una trama MAC corta, se le añade una serie de símbolos al final para que el bloque resultante tenga una duración de 4096 bits en lugar de los 512 exigidos en el estándar a 10 Mbps y 100 Mbps. De esta forma el tiempo de transmisión es mayor que el tiempo de propagación a 1 Gbps.
- **Ráfagas de tramas:** Permite transmitir de forma consecutiva varias tramas cortas sin dejar el control del CSMA/CD. Así, se evita la redundancia y el gasto que conlleva la técnica anterior cuando una estación quiera transmitir varias tramas pequeñas.

#### Capa física

A continuación se verán las distintas alternativas para Gigabit Ethernet:

- **1000BASE-SX:** Usa longitudes de onda pequeñas, proporcionando enlaces dúplex de 275 m mediante fibra óptica multimodo de 62,5  $\mu\text{m}$  o enlaces de hasta 550 m con fibras multimodo de 50  $\mu\text{m}$ . Las longitudes de onda están en el intervalo comprendido entre 770 y 860 nm. Usa el esquema de codificación de señal 8B/10B.



- **1000BASE-LX:** Usa longitudes de onda mayores, proporcionando enlaces dúplex de 550 m con fibra óptica multimodo de 62'5  $\mu\text{m}$  o 50  $\mu\text{m}$ , o enlaces de 5 km con fibra óptica monomodo de 10  $\mu\text{m}$ . Las longitudes de onda están entre los 1270 y los 1355 nm. Usa el esquema de codificación de señal 8B/10B.
- **1000BASE-CX:** Proporciona enlaces de 1 Gbps entre dispositivos que se encuentren en una misma habitación o en el mismo armario de conexiones. Usa latiguillos de cobre, los cuales consisten en cables de pares trenzados con apantallamiento especial de menos de 25 m. Cada enlace consiste en dos pares trenzados apantallados, usando cada uno de ellos en un sentido. Usa el esquema de codificación de señal 8B/10B.
- **1000BASE-T:** Utiliza cuatro pares no apantallados tipo 5. Conecta dispositivos separados hasta 1000 m. Usa el esquema de codificación de señal 4D-PAM5.

#### 2.1.4. ETHERNET de 10 Gbps

Al incrementar el tráfico de Internet e intranets, surgió un interés en tener una alternativa de Ethernet que fuera capaz de trabajar a 10 Gbps. Este incremento se ha producido por los siguientes motivos:

- El número de conexiones de red aumentó.
- Aumento en la velocidad de conexión de cada estación final.
- Aumento del número de aplicaciones que requieren ancho de banda.
- Incremento en el hospedaje de web y el tráfico de las aplicaciones de hospedaje.

Ethernet de 10 Gbps se podrá usar para construir redes troncales locales de alta velocidad, proporcionando interconexión a conmutadores de alta capacidad. Por otra parte, también podrá interconectar agrupaciones centralizadas de servidores, redes troncales y proporcionando cobertura para toda un área. Además, los servidores de Internet y los proveedores de servicios de red podrán ofrecer enlaces de alta velocidad entre encaminadores y conmutadores adyacentes a un costo reducido.

Usando esta tecnología se pueden construir redes de área metropolitana y de área amplia que conecten redes LAN geográficamente dispersas entre distintos puntos de presencia.

Ethernet a 10 Gbps da un valor añadido sustancial sobre el transporte ofrecido por ATM:

- No se requiere una conversación costosa y demandante de ancho de banda entre paquetes Ethernet y celdas ATM. La red es Ethernet extremo a extremo.
- La combinación de IP y Ethernet ofrece calidad de servicio y capacidades para establecer políticas de tráfico que se aproximan a las que proporciona ATM.

- Optimiza su funcionamiento y su coste para aplicaciones LAN, MAN o WAN debido a que agrupa varias interfaces ópticas estándares.

Las distancias máximas de los enlaces cubren un intervalo de aplicaciones desde 300m hasta 40 km. Estos enlaces funcionan sólo en full-dúplex, a través de varios medios físicos de fibra óptica.

Las distintas opciones para la capa física de Ethernet de 10 Gbps son:

- **10GBASE-SR (corta):** diseñada para transmisiones de 850 nm sobre fibras multimodo. Puede alcanzar distancias de hasta 300 m.
- **10GBASE-LR (larga):** diseñada para transmisiones de 1310 nm sobre fibras monomodo. Puede alcanzar distancias de hasta 10 km.
- **10GBASE-ER (extendida):** diseñada para transmisiones de 1550 nm sobre fibras monomodo. Puede alcanzar distancias de hasta 40 km.
- **10GBASE-LX4:** diseñada para transmisiones de 1310 nm sobre fibras monomodo o multimodo. Puede alcanzar distancias de hasta 10 km. Usa multiplexación por división de longitud de onda para multiplexar el flujo de bits sobre cuatro ondas de luz.
- **10GBASE-CX4:** diseñada para transmisiones que usan cableado InfiniBand CX4 y conectores InfiniBand 4x. Puede alcanzar distancias de hasta 15 m.
- **10GBASE-LRM:** diseñada para transmisiones sobre fibras multimodo. Puede alcanzar distancias de hasta 220 m.
- **10GBASE-T:** diseñada para transmisiones sobre cableado UTP de Categoría 6 o 7. Puede alcanzar distancias de hasta 100 m.
- **10GBASE-SW, 10GBASE-LW y 10GBASE-EW:** trabajan con el mismo tipo de fibra y alcanzan las mismas distancias que 10GBASE-SR, 10GBASE-LR y 10GBASE-ER respectivamente. Usan la trama ligera SDH/SONET y trabajan con equipos OC-192/STM-64 SONET/SDH.

### 2.1.5. Ethernet a 40 Gbps y 100 Gbps

Debido al aumento del ancho de banda requerido por las redes surgió la necesidad de tener alternativas para Ethernet a 10 Gbps que trabajaran a más velocidad. Estas alternativas, las cuales se recogen en el estándar 802.3ba, son Ethernet a 40 Gbps y 100 Gbps, con los que se pretendía cumplir lo siguiente [17]:

- Es capaz de funcionar sólo a full-dúplex.
- Trabaja con el formato de la trama del estándar 802.3. Además, usa el formato para direcciones MAC del mismo estándar.

- En la interfaz de capa física soporta una tasa de error menor o igual a  $10^{-12}$ .
- Puede trabajar sobre cableado de cobre y fibras ópticas multimodo y monomodo.
- Da un soporte apropiado de la red de transporte óptico.

Para conseguir llegar a las velocidades de 40 Gbps y 100 Gbps se usa una transmisión de datos paralela. De esta forma se tendrán múltiples señales viajando sobre varias fibras o sobre diferentes longitudes de onda a menor velocidad, lo cual se puede conseguir gracias a los avances en los circuitos integrados SERDES y CMOS.

Las opciones de 40 Gbps son:

- **40GBase-KR4:** Es capaz de trabajar a una distancia de un metro usando un *backplane* (placa de circuito que sirve para interconectar varios conectores en paralelo).
- **40GBase-CR4:** Es capaz de trabajar a una distancia de 10 metros usando cableado de cobre.
- **40GBase-SR4:** Es capaz de trabajar a una distancia de 100 metros usando para ello fibra óptica multimodo a 2000 MHz/Km. Utiliza cuatro fibras OM3 paralelas en cada dirección, de tal forma que cada una trabajará a 10 Gbps.
- **40GBase-LR4:** Es capaz de trabajar a una distancia de 10 km usando fibra óptica monomodo. Utiliza una de estas fibras en cada dirección. Además, usa multiplexación por división en longitudes de onda ligeras, usando para ello cuatro canales. Emplea 4 canales, cada uno de los cuales soportará 10 Gbps.

Por otra parte, las opciones de 100 Gbps son:

- **100GBase-CR10:** Es capaz de trabajar a una distancia de 10 metros usando cableado de cobre.
- **100GBase-SR10:** Es capaz de trabajar a una distancia de 100 metros usando fibra óptica multimodo a 2000 MHz/Km. Utiliza 10 de estas fibras en cada dirección, soportando cada una 10 Gbps.
- **100GBase-LR4:** Es capaz de trabajar a una distancia de 10 km usando fibra monomodo. Utiliza una fibra en cada dirección. Además, usa multiplexación por división en longitudes de onda densas. Emplea 4 canales, cada uno de los cuales soportará 25 Gbps.
- **100GBase-ER4:** Es capaz de trabajar a una distancia de 40 km usando fibra monomodo. Funciona de forma similar a la anterior, usando la tecnología SOA (Service Oriented Architecture) para lograr trabajar a 40 km.

Sin embargo, no hay razón para pensar que el desarrollo de Ethernet se detendrá en 100 Gbps, ya que las necesidades de banda ancha seguirán aumentando con el paso del

tiempo. En el futuro cabe la posibilidad de encontrar Ethernet a 400 Gbps o, incluso, a 1 Tbps. Éste último usaría 40 canales a 25 Gbps cada uno. Por otra parte, Ethernet a 400 Gbps podría reusar bloques de 100 Gbps.

## 2.2. Redes jerárquicas

En este apartado se realizará un estudio sobre las redes jerárquicas.

### 2.2.1. Introducción

En empresas pequeñas o medianas, las redes jerárquicas conllevan una mayor probabilidad de éxito. Este tipo de red se puede administrar y expandir más fácilmente, además de permitir resolver los problemas con mayor rapidez.

Para construir una red jerárquica se hace una división en capas, de tal forma que cada capa cumplirá unas funciones específicas. Así, se tiene una red modular, escalable y de mejor rendimiento. Estas capas son la capa de acceso, la capa de distribución y la capa núcleo, las cuales se verán a continuación.

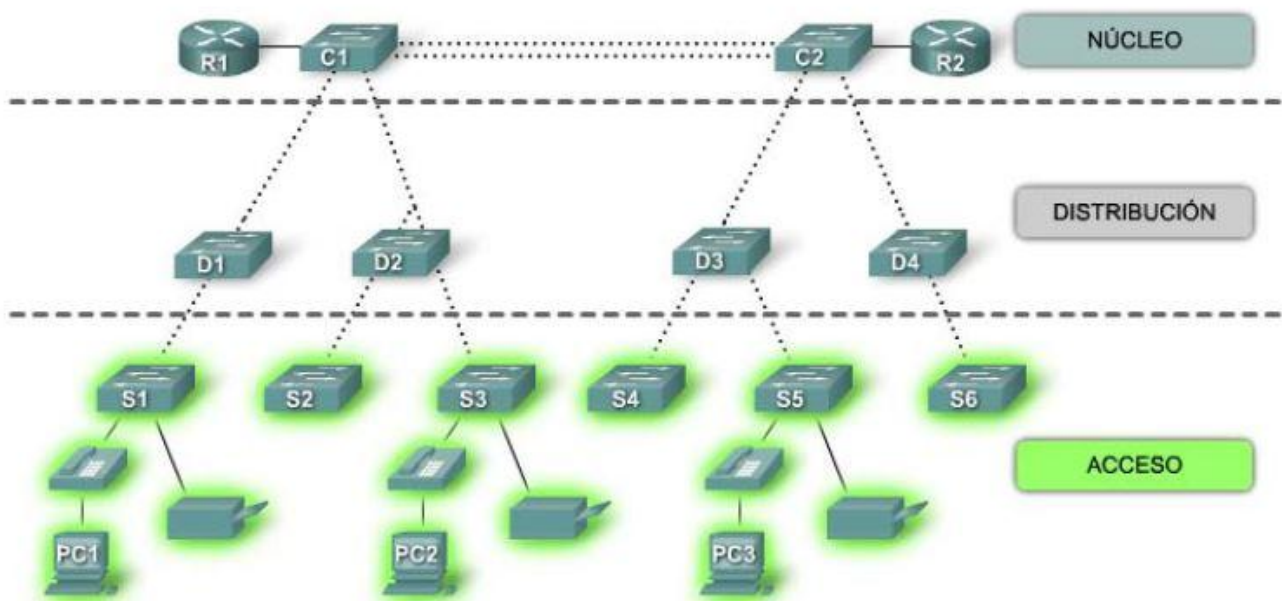


Figura 5. Modelo de redes jerárquicas

### 2.2.2. Capa de acceso

La capa de acceso es la capa más baja del modelo jerárquico. Su función es proveer acceso al resto de la red, y para ello hace de interfaz con dispositivos finales (PC, impresoras, teléfonos IP). Esta capa permite a los dispositivos conectarse a la red y controla qué dispositivos pueden comunicarse en la red. En esta capa se incluyen routers, switches, puentes, hubs y puntos de acceso inalámbrico.

### 2.2.3. Capa de distribución

La capa de distribución es la capa intermedia del modelo jerárquico. En ella se agregan los datos recibidos de los switches de la capa de acceso antes de que se transmitan a la capa núcleo para el enrutamiento hacia su destino final. Esta capa se encarga de controlar el flujo de tráfico de la red mediante políticas y de trazar los dominios de broadcast realizando el enrutamiento de las funciones entre las LAN virtuales (VLAN) definidas en la capa de acceso. Las VLAN permiten dividir el tráfico sobre un switch en subredes separadas. Además, los switches que se usan en esta capa tienen una alta disponibilidad y redundancia para asegurar la fiabilidad de la red.

### 2.2.4. Capa núcleo

La capa núcleo es la capa más alta del modelo jerárquico. Es esencial para la interconectividad entre los dispositivos de la capa de distribución, ya que constituye la red troncal de alta velocidad que conectará dichos dispositivos. Debido a ello el núcleo tiene que ser altamente disponible y redundante. El área del núcleo puede conectarse a los recursos de Internet. Además, el núcleo debe poder reenviar grandes cantidades de datos de forma rápida, ya que agrega el tráfico de todos los dispositivos de la capa de distribución.

En redes pequeñas se puede encontrar un núcleo colapsado, donde la capa de distribución y la de núcleo se unen en una sola capa.

### 2.2.5. Beneficios de una red jerárquica

A continuación se verán los beneficios que produce el uso de una red jerárquica.

#### **Escalabilidad**

Las redes jerárquicas escalan muy bien. Debido a la modularidad del diseño se pueden reproducir con exactitud los elementos del diseño a medida que la red crece. Además, como cada instancia del módulo es consistente, se puede planificar e implementar fácilmente las posibles expansiones. Este tipo de red permite agregar switches a la capa de distribución para adaptar la carga de los switches de la capa de acceso, así como agregar switches a la capa núcleo cuando aumenta el número de switches en la capa de distribución.

#### **Redundancia**

Para mantener la disponibilidad en la red se usan implementaciones redundantes. Por ejemplo, haciendo que cada switch de la capa de acceso se conecte con dos switches de la capa de distribución, de forma que si un switch de la capa de distribución falla, el otro switch de dicha capa podrá encargarse de las tareas. Siguiendo la misma lógica, un switch de la capa de distribución se conectará a más de un switch de la capa núcleo. Sin embargo, en la capa de acceso no se puede implementar redundancia, ya que cada dispositivo final sólo puede estar conectado a un switch de la capa de acceso. Así, si un switch de la capa de acceso falla, sólo se verán afectados los dispositivos conectados a dicho switch.

### **Rendimiento**

El rendimiento de las redes jerárquicas mejora gracias a evitar la transmisión de datos a través de switches intermediarios de bajo rendimiento. La velocidad a la que se envían los datos desde el puerto de la capa de acceso hasta la capa de distribución es casi la velocidad de cable. Además, la capa de distribución hace uso de su capacidad de conmutar el alto rendimiento para reenviar el tráfico hasta el núcleo. Una vez en el núcleo el tráfico se enruta hacia su destino final. En este tipo de redes no existe contención para el ancho de banda de la red debido a que tanto la capa de núcleo como la de distribución son capaces de trabajar a velocidades muy altas.

### **Seguridad**

La seguridad es mejor y más fácil de administrar. En la capa de acceso es posible configurar los puertos de los switches con opciones de seguridad para controlar los dispositivos que se pueden conectar a la red. Por otra parte, en la capa de distribución se pueden usar políticas de seguridad más avanzadas. Además, se pueden usar políticas de control de acceso para definir qué protocolos de comunicación se implementan en la red y donde pueden dirigirse.

### **Facilidad de administración**

La administración en una red jerárquica es simple debido a que cada capa cumple funciones específicas que son consistentes en toda la capa. Así, cuando sea necesario cambiar la funcionalidad de un switch en la capa de acceso, se realizaría el mismo cambio en todos los switches de dicha capa. Además, para implementar un switch nuevo sólo habrá que copiar la configuración de los ya existentes incluyendo pocas modificaciones. La consistencia entre los switches de cada capa da lugar a una recuperación rápida y a poder resolver los problemas de una forma más simple.

### **Capacidad de mantenimiento**

Las redes jerárquicas son fáciles de mantener gracias a su gran escalabilidad y a que son modulares. Elegir los switches correctos en cada capa es más fácil debido a que cada capa tiene definidas sus funciones. Además, se puede ahorrar dinero usando switches en la capa de acceso que sean menos costosos, gastando más en los switches de las capas de distribución y núcleo, consiguiendo así un mejor rendimiento en la red.

## **2.2.6. Principios de diseño de redes jerárquicas**

El hecho de que una red siga un diseño jerárquico no conlleva necesariamente que la red esté bien diseñada. A continuación se verán varios aspectos que ayudarán a diferenciar entre una red jerárquica bien diseñada y una con un diseño deficiente.

### **Diámetro de la red**

El diámetro de la red es lo primero que debe considerarse al diseñar una red jerárquica. Hace referencia al número de dispositivos que un paquete debe cruzar para llegar a su destino. Manteniendo bajo el diámetro se consigue una latencia baja y predecible entre

los dispositivos. Se entiende como latencia el tiempo que tarda un dispositivo en procesar un paquete o trama.

En una red jerárquica la segmentación de la capa de distribución elimina el diámetro de la red. Además, en estas redes el diámetro de la red será un número predecible de saltos entre el dispositivo origen y el destino.

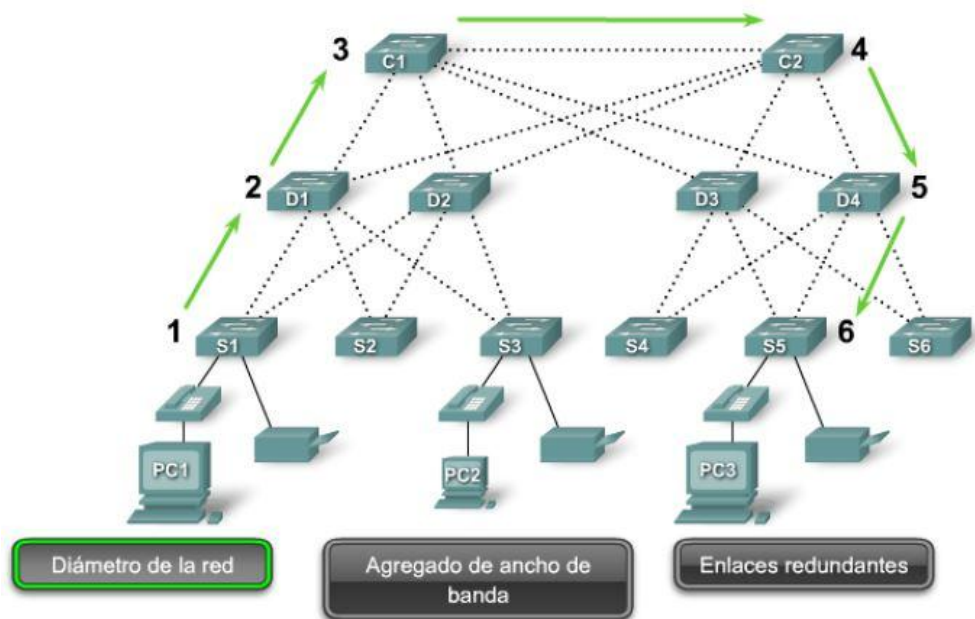


Figura 6. Diámetro de una red

### Agregado de ancho de banda

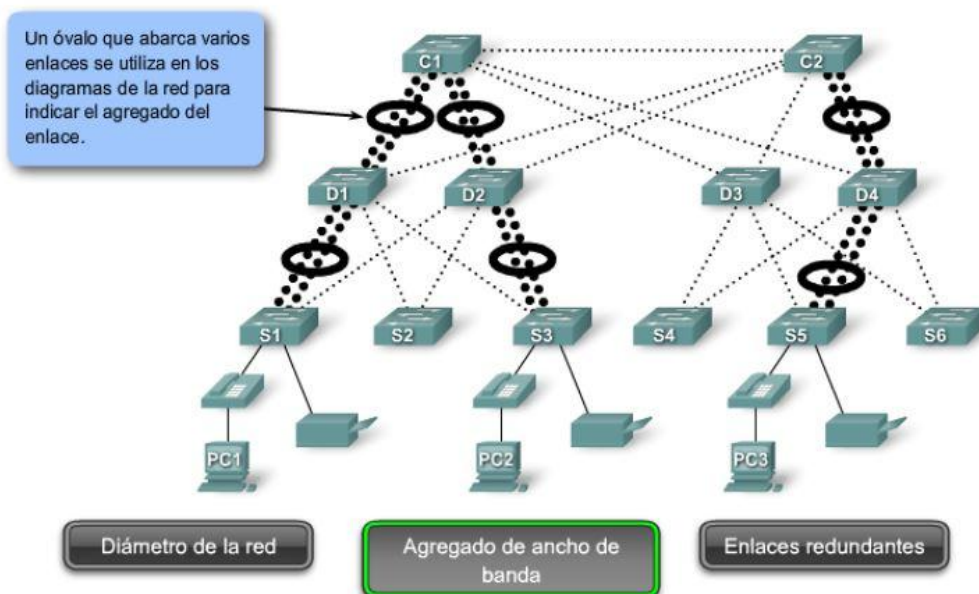


Figura 7. Agregado de enlaces

El agregado de ancho de banda consiste en considerar los requisitos de ancho de banda específicos de cada parte de la jerarquía. Una vez que dichos requisitos sean conocidos, es posible agregar enlaces entre switches específicos, lo cual se denomina agregado de enlaces. Mediante el agregado de enlaces se pueden combinar los enlaces de puerto de los switches múltiples para mejorar el rendimiento entre los switches.

En la figura 7 se ven los enlaces agregados necesarios si se quisiera aumentar el ancho de banda de los switches S1, S3 y S5 de la capa de acceso. Estos enlaces están representados por dos líneas de puntos con un óvalo que las relaciona.

### **Redundancia**

Uno de los métodos usados para crear una red con alta disponibilidad es la redundancia. Para conseguirla se puede tanto duplicar las conexiones de red entre los dispositivos como duplicar los dispositivos. La primera de estas dos opciones puede ser costosa, y se puede dar en las capas de distribución y de núcleo. En la capa de acceso es poco probable que se tengan enlaces duplicados debido a su coste y a las características limitadas en los dispositivos finales.

El número mínimo de switches necesarios para poder implementar redundancia en cada capa es dos. La red funcionará de forma que si un switch de la capa de distribución falla, el switch redundante tomará su lugar, de manera que el switch de la capa de acceso ajusta su ruta de transmisión por el nuevo switch de la capa de distribución y reenvía el tráfico.

### **Comience en la capa de acceso**

Para realizar el diseño de una nueva red hay que tener en cuenta el fin comercial de la organización para la que se diseñará la red para determinar los requisitos de diseño, el nivel de rendimiento o la redundancia. Una vez se tengan los requisitos de diseño se puede empezar a seleccionar el equipo y la infraestructura para implementar el diseño.

El equipo de la capa de acceso debe adaptarse a todos los dispositivos finales de la red que necesiten acceso a la misma. Así, se elegirán los switches que formarán parte de la capa de acceso. Teniendo en cuenta dichos switches y el tráfico estimado que cada uno genera, se puede estimar los switches necesarios en la capa de distribución para lograr el rendimiento y la redundancia necesarios. Tras ello, teniendo en cuenta los switches de la capa de distribución, se podrá saber el número de switches necesarios en el núcleo.

### **2.2.7. ¿Qué es una red convergente?**

Una red convergente es aquella en la que se combinan las comunicaciones con voz y vídeo en una red de datos. Antes se encontraban pocas redes convergentes debido a su alto coste y a su compleja administración. Sin embargo, en la actualidad, gracias a las mejoras tecnológicas las redes convergentes se han extendido más, incluyendo pequeñas y medianas empresas. Además, se ha facilitado la implementación y administración de la convergencia. Por otra parte, el coste de este tipo de redes ha bajado.



Puede ser difícil que una empresa que ya posea redes de voz, vídeo y datos por separado quiera realizar un cambio para tener una red convergente. Sin embargo, las redes convergentes presentan las siguientes ventajas frente a las no convergentes:

- Sólo se administra una red. En las redes no convergentes se deben coordinar los cambios en las diferentes redes.
- El coste de implementación y administración es menor en las redes convergentes. El coste disminuye debido a que sólo es necesaria la implementación de la infraestructura de una red en lugar de la de varias redes. También es menos costosa la administración de una red que la de varias. En redes no convergentes es necesario un equipo para administrar cada red, mientras que en redes convergentes un sólo equipo administrará toda la red.

Gracias a las redes convergentes se pueden tener las comunicaciones de voz y vídeo en el ordenador de un empleado usando un software integrado, en lugar de tener un equipo específico para ello. Si una empresa ya utiliza el software en vez de teléfonos físicos, podrá realizar el cambio a una red convergente de una forma más rápida, ya que no se necesita conseguir los teléfonos IP y los switches para los mismos. El software que se usa en los ordenadores de los empleados se conoce como telesoftware.

Mediante el uso de una red jerárquica bien diseñada y la implementación de políticas de QoS que dan prioridad a los datos de audio, los datos de voz se pueden converger en una red de datos existente sin dañar la calidad del audio.

Hay que tener en cuenta que las videoconferencias pueden consumir un ancho de banda notable. Por otra parte, cuando se tiene una red bien diseñada y unas políticas de calidad de servicio que dan prioridad a los datos de vídeo, estos datos pueden converger en una red de datos existente sin dañar la calidad del vídeo.

En la actualidad se pueden incluir las comunicaciones por voz, vídeo y datos al mismo tiempo en una red gracias a la existencia de una red jerárquica con el diseño apropiado donde pueden converger.

### **2.2.8. Consideraciones para los switches de redes jerárquicas**

Para elegir los switches de cada capa en las redes jerárquicas se deben tener en cuenta varios aspectos, como son el flujo de tráfico objetivo, las comunidades de usuario, los servidores de datos y los de almacenamiento de datos.

#### **Análisis de flujo de tráfico**

Es necesario elegir switches en las capas de acceso, distribución y núcleo que sean capaces de adaptarse a los requerimientos del ancho de banda de red, teniendo en cuenta tanto las necesidades actuales como las futuras (incorporaciones de más equipos finales, cambiar teléfonos por sistemas telefónicos VoIP). Los análisis del flujo de tráfico pueden ayudar a elegir los switches apropiados, por lo que conviene realizarlos con regularidad y registrar los resultados.

El análisis del flujo de tráfico consiste en medir el uso de ancho de banda en una red y el análisis de datos. Así, se obtienen ajustes del rendimiento, planificación de la capacidad y toma de decisiones para mejorar el hardware. Este análisis se hace con un software específico para ello. En estos análisis se entiende como tráfico de la red a la cantidad de datos, con independencia de su propósito u origen, que se envían en un tiempo determinado.

Los datos obtenidos mediante el análisis se pueden utilizar para saber hasta cuándo se pueden usar los equipos de una red antes de que sea necesario actualizarlos. Cuando se elija un switch nuevo hay que tener en cuenta las densidades de puerto y las tasas de reenvío.

Se puede controlar el flujo de tráfico de una red controlando manualmente los puertos individuales de cada switch, obteniendo así el uso del ancho de banda con el tiempo. Para tener los datos de los análisis se puede realizar tanto mediante registros manuales de dichos datos como con herramientas automatizadas.

### **Herramientas de análisis**

Las herramientas de análisis para el flujo de tráfico sirven para registrar de forma automática en una base de datos los datos obtenidos y hacer un análisis de tendencias. En redes grandes este método es el único eficaz para realizar los análisis. Mediante estas herramientas se puede saber cómo trabaja cada interfaz en un tiempo determinado, así como observar los posibles problemas de la red.

### **Análisis de las comunidades de usuarios**

Consiste en la identificación de los grupos de usuarios, así como su influencia en el rendimiento de la red. Estos grupos afectan a la densidad de puerto y el flujo de tráfico.

La agrupación de usuarios se hace según la función que realice cada uno.

Se debe tener en cuenta las posibles ampliaciones futuras de los grupos a la hora de elegir los switches.

### **Crecimiento futuro**

Para poder predecir las posibles ampliaciones futuras comentadas anteriormente es útil tener la tasa de crecimiento de personal durante un tiempo determinado. Así, se pueden elegir switches teniendo en cuenta dichas ampliaciones.

Además del número de dispositivos por switch, se debe examinar el tráfico de red generado por las aplicaciones de los usuarios finales. Mientras que unas comunidades de usuarios generan mucho tráfico, otras no lo hacen. Midiendo el tráfico de red que generan todas las aplicaciones en uso por las diferentes comunidades de usuarios y teniendo el origen de los datos se puede saber cuál será el efecto de sumar más usuarios a esa comunidad.

El lugar donde están almacenados los datos y los servidores centrales depende de la ubicación de las comunidades de usuarios.

Ubicando a los usuarios cerca de los servidores que utilizan y de sus medios de almacenamiento de datos se puede reducir el diámetro de la red para sus comunicaciones, así como el impacto de su tráfico a través del resto de la red.

### **Análisis de los medios de almacenamiento de datos y de los servidores de datos**

Al realizar el análisis del tráfico en una red se debe considerar tanto dónde se ubican los medios de almacenamiento como los servidores de datos, pudiendo así determinar el impacto del tráfico en la red. Los medios de almacenamiento de datos pueden ser servidores, redes de almacenamiento de datos (SAN), almacenamiento adjunto a redes (NAS), unidades de copia de respaldo en cinta o cualquier dispositivo o componente donde se almacenen grandes cantidades de datos.

Se tiene que tener en cuenta el tráfico según el modelo cliente-servidor y el tráfico entre servidor y servidor. En el primer caso el cliente accede a los datos de los medios de almacenamiento o de los servidores de datos atravesando varios switches para llegar al destino. Para eliminar cuellos de botella en el modelo cliente-servidor se tiene que considerar el agregado de ancho de banda y las tasas de reenvío del switch.

En el caso en el que la comunicación se produce entre servidores el tráfico es el generado entre los dispositivos de almacenamiento de datos en la red. Los servidores que necesiten acceso frecuente a unos recursos determinados deben colocarse próximos a estos para que el tráfico que generan no afecte al rendimiento del resto de la red.

Los medios de almacenamiento de datos y los servidores de datos están en los centros de datos en las empresas. Un centro de datos es el área donde están los servidores, los medios de almacenamiento de datos y otros dispositivos. Debido a que el tráfico entre los switches del centro de datos es muy alto, deben tener un rendimiento más alto que los switches de los armarios de cableado de la capa de acceso.

Ciertas aplicaciones de algunas comunidades de usuarios pueden verse afectadas por los cuellos de botella en la red. Para mejorar el rendimiento se puede tanto agregar enlaces para adaptarse al ancho de banda como cambiar los switches más lentos por otros más rápidos que puedan trabajar correctamente con la carga del tráfico de la red.

### **Diagramas de topología**

Un diagrama de topología es una representación gráfica de la infraestructura de una red, en la que se ven las interconexiones de los switches. Indica qué puerto de cada switch interconecta los dispositivos. También muestra la redundancia y los puertos agregados entre los switches. Por otra parte, también muestra cuántos switches se usan en la red y dónde se hace, así como sus configuraciones. Estos diagramas contienen información de las densidades de dispositivos y las comunidades de usuario. Permiten identificar los cuellos de botella. Por último, estos diagramas muestran dónde están los servidores y los medios de almacenamiento de datos.

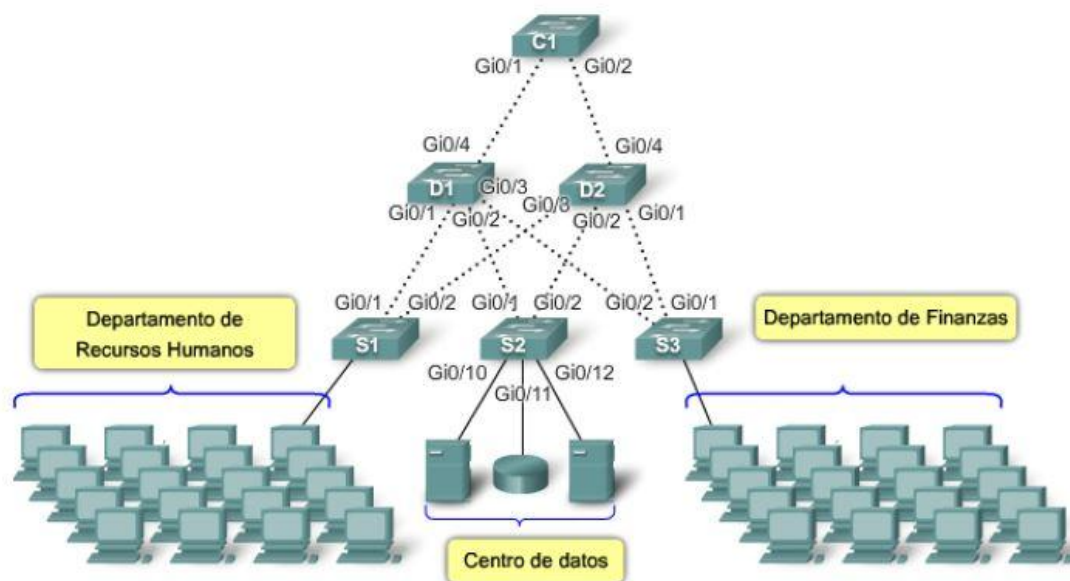


Figura 8. Diagrama de topología

## 2.3. Switches

### 2.3.1. Características de los switches

En este apartado se verán las características a tener en cuenta de los switches.

#### Factores de forma de los switches

Los factores de forma de los switches son: una configuración fija o modular, una configuración apilable o no apilable y el grosor del switch, el cual se expresa en cantidad de bastidores (U).

#### Switches de configuración fija

Estos switches son switches con configuración fija. En ellos no se pueden añadir características u opciones aparte de las originales del switch, es decir, que el modelo del switch determinará tanto las características como las opciones.

#### Switches modulares

Estos switches son más flexibles que los anteriores en su configuración. Tienen varios chasis de distintos tamaños para instalar diferentes números de tarjetas de línea modulares, las cuales contienen los puertos. Cuanto más grande sea el chasis más módulos admite.

#### Switches apilables

Estos switches pueden interconectarse usando un cable especial del *backplane* (placa de circuito que sirve para interconectar varios conectores en paralelo), el cual da rendimiento de ancho de banda entre los switches. Los switches apilados trabajan como

si fueran un único switch más grande. Conviene usar este método cuando la tolerancia a fallas y la disponibilidad de ancho de banda son críticas y es costoso implementar un switch modular. Además, los switches apilados usan un puerto especial para interconectarse en vez de puertos de línea para conectar los switches entre sí. Trabaja a una velocidad más rápida que cuando se usan puertos de línea para conectar los switches.

### Rendimiento

Viene dado por la capacidad del switch para admitir los requerimientos de densidad de puerto, tasas de reenvío y agregado de ancho de banda de la red.

### Densidad de puerto

Es el número de puertos disponibles en un switch. Los switches de configuración fija admiten hasta 48 puertos. Las densidades altas de puerto permiten un uso más eficiente del espacio y de la energía.

Los switches modulares pueden admitir densidades de puerto muy altas agregando tarjetas de línea de puerto de switch múltiples.

En grandes empresas con muchos dispositivos es necesario tener switches modulares de alta densidad para conseguir usar de una forma más eficiente tanto el espacio como la energía. Si en vez de usar un switch modular se usaran switches de configuración fija, se necesitarían muchos switches, de forma que ocuparían mucho espacio y usarían muchas tomas de alimentación eléctrica.

Además, en una red con switches de configuración fija, para solucionar los cuellos de botella del enlace se deben usar muchos puertos para el agregado de ancho de banda entre los switches. Sin embargo, cuando se usa un switch modular esto se soluciona gracias al *backplane* del chasis que proporciona dicho ancho de banda.



Figura 9. Ejemplo de densidades de puerto

### Velocidades de envío

Las tasas de reenvío definen las capacidades de procesamiento de un switch estimando la cantidad de datos que puede procesar por segundo dicho switch. Es importante considerar este factor a la hora de elegir un switch.

La velocidad de cable es la tasa de datos que puede lograr cada puerto en el switch. Esta tasa puede ser de 100 Mb/s Fast Ethernet o 1000 Mb/s Gigabit Ethernet. Hay casos en los que un switch no es capaz de trabajar a la velocidad de cable completa. Por ejemplo, si se tiene un switch gigabit de 48 puertos, la velocidad completa de cable sería de 48 Gb/s. Si, además, el switch tiene una tasa de reenvío de 32 Gb/s, no podrá trabajar a la velocidad de cable completa. Sin embargo, normalmente los switches de la capa de acceso no necesitan operar a la velocidad de cable completa por limitaciones físicas provocadas por sus enlaces en la capa de distribución. Así, se pueden usar switches menos costosos y de menor rendimiento en la capa de acceso, y switches más caros y con mayor rendimiento en la capa de distribución y la de núcleo.

### Agregado de enlaces

A la hora de realizar el agregado de ancho de banda se tiene que determinar si existen puertos suficientes en un switch para agregar y admitir el ancho de banda requerido.

La velocidad de cable es la tasa máxima y teórica de transmisión de datos de una conexión.

El agregado de enlace ayuda a reducir cuellos de botella del tráfico, permitiendo unir hasta ocho puertos de un switch para comunicar datos. De esta forma, se suministran hasta 8 Gb/s si cada puerto trabaja con Gigabit Ethernet.

En Cisco, el agregado de enlace se realiza mediante el uso de la tecnología EtherChannel. Esta tecnología permite que un grupo de enlaces físicos de Ethernet cree un enlace lógico para proporcionar tolerancia a fallas y enlaces de alta velocidad entre switches, routers y servidores.

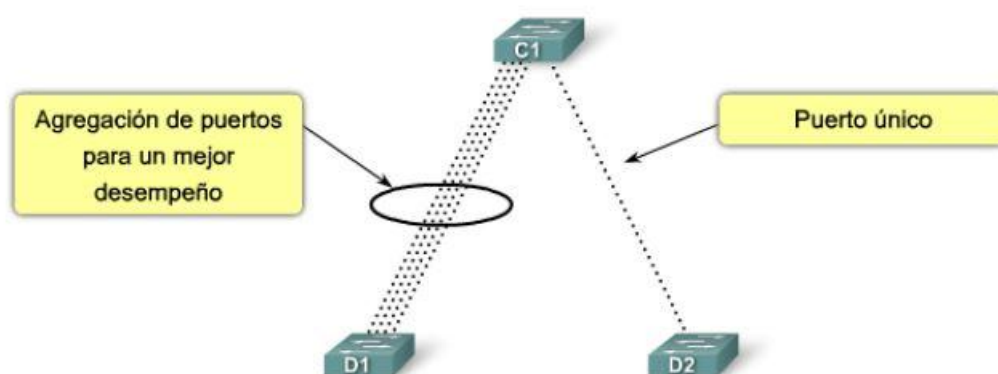


Figura 10. Agregado de puertos

En la figura 10 se usan cuatro puertos separados entre los switches C1 y D1 para crear un EtherChannel de 4 puertos. Así, hay un rendimiento igual a cuatro veces el de la conexión de puerto único entre dichos switches.

### 2.3.2. Funcionalidad de la PoE y de la Capa 3

A la hora de elegir un switch hay que tener en cuenta la funcionalidad de Power over Ethernet (PoE) y de la Capa 3 cuando estos sean necesarios en la red.

#### Power over Ethernet

Power over Ethernet (PoE) permite que el switch suministre energía a un dispositivo por el cableado de Ethernet existente. Se puede usar a través de puntos de acceso inalámbricos y teléfonos IP, haciéndolo así más flexible. Esta flexibilidad es debida a que tanto los teléfonos IP como los puntos de acceso se pueden instalar en cualquier sitio donde se pueda tender un cable de Ethernet. Debido al alto costo de este tipo de switch, sólo se deberán usar si se va a aprovechar la función de PoE.

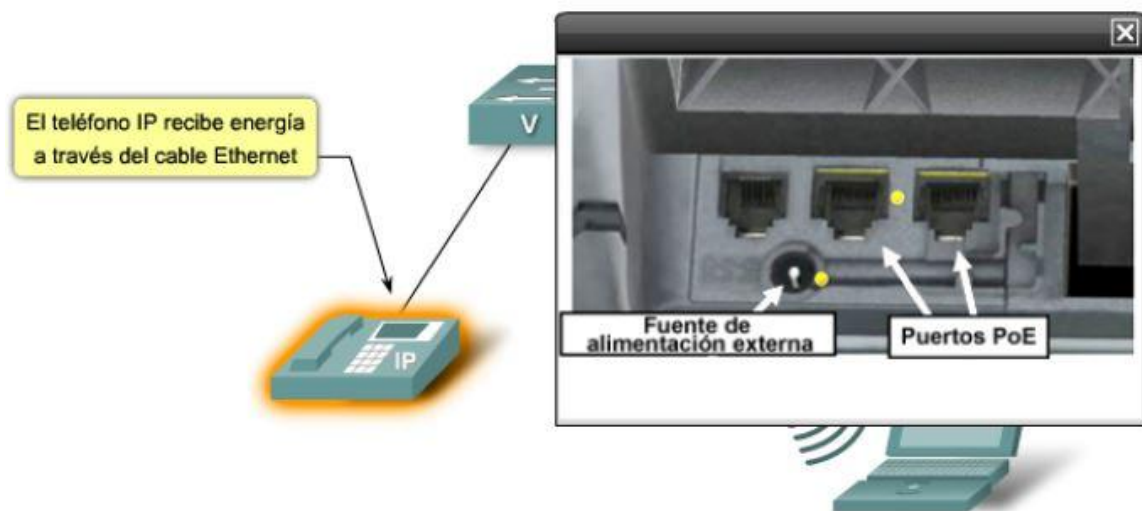


Figura 11. Puertos PoE

#### Funciones de la Capa 3

Normalmente los switches trabajan en la capa 2 del modelo OSI, utilizando las direcciones MAC de los dispositivos conectados a sus puertos. Sin embargo, también existen switches capaces de trabajar en la capa 3, los cuales se llaman switches multicapas. Estos switches ofrecen una funcionalidad avanzada.

### 2.3.3. Características del switch en una red jerárquica

A continuación se estudiarán las características de los switches dependiendo de la capa en la que se encuentren.

### **Características del switch de la capa de acceso**

Los switches que trabajan en la capa de acceso conectan los dispositivos finales a la red. Por ello, necesitan seguridad de puerto, VLAN, Fast Ethernet/Gigabit Ethernet, PoE y agregado de enlaces.

#### **Seguridad de puerto**

Permite decidir cuántos y qué dispositivos pueden conectarse al switch. Se aplica en el acceso.

#### **VLAN**

Son un componente importante de una red convergente. El tráfico de voz tiene su propia VLAN para poder tener más ancho de banda, conexiones más redundantes y seguridad mejorada. Los switches de la capa de acceso establecen las VLAN para los dispositivos finales.

#### **Velocidad de puerto**

La elección de la velocidad, Fast Ethernet o Gigabit Ethernet, dependerá de los requerimientos de la red. Fast Ethernet, la cual permite una velocidad de 100 Mb/s en cada puerto, sirve para telefonía IP y el tráfico de datos en la mayor parte de redes comerciales. Por otra parte, Gigabit Ethernet, la cual permite una velocidad de 1000 Mb/s en cada puerto, es admitida en estaciones de trabajo, ordenadores portátiles y teléfonos IP. Gigabit Ethernet permite una transferencia más eficaz, pero los switches que usan esta velocidad son más caros.

#### **PoE**

Dado que el incorporar PoE aumenta el precio de un switch, sólo deberá usarse cuando sea necesario. Por ejemplo, cuando se necesite convergencia de voz o puntos de acceso inalámbricos en lugar donde es difícil o muy costoso instalarlos.

#### **Agregado de enlaces**

Permite que el switch utilice enlaces múltiples de forma simultánea. Esta característica permite beneficiar a los switches de la capa de acceso cuando se agrega ancho de banda hasta los switches de la capa de distribución.

El cuello de botella en la comunicación se encuentra en la conexión de enlace entre el switch de la capa de acceso y el de la capa de distribución. Debido a esto, la tasa interna de reenvío de los switches de capa de acceso no necesita ser tan alta como el enlace entre los switches de capa de distribución y los de capa de acceso. La tasa interna de envío no produce problemas en los switches de la capa de acceso debido a que sólo trabajan con el tráfico desde los dispositivos finales y lo reenvían a los switches de la capa de distribución.



Los switches de la capa de acceso de una red que admite tráfico de red de datos, voz y vídeo necesitan admitir QoS. Así, se mantiene la prioridad del tráfico. Por ejemplo, el tráfico de voz debe tener prioridad sobre el tráfico de datos.

### **Características del switch de la capa de distribución**

Se encargan de recopilar los datos de los switches de la capa de acceso para enviarlos a los switches de la capa núcleo. A continuación se verán las características que deben cumplir los switches de esta capa.

### **Enrutamiento entre las VLAN**

Los switches de la capa de distribución realizan el enrutamiento entre las VLAN, de forma que puedan comunicarse entre ellas. Este enrutamiento no se produce en la capa de acceso debido a que la capacidad de procesamiento de sus switches es menor. Tampoco se da en la capa núcleo debido a que es preferible que los switches de dicha capa se encarguen del reenvío de volúmenes muy altos de tráfico. Por lo tanto, ya que el enrutamiento se realiza en la capa de distribución, sus switches necesitan admitir las funciones de la capa 3.

### **Políticas de seguridad**

También son necesarias las funcionalidades de la capa 3 para que los switches sean capaces de aplicar al tráfico de red sus políticas de seguridad avanzadas. Para controlar cómo fluye el tráfico a través de la red se usan listas de acceso. Una lista de control de acceso (ACL) permite controlar el tráfico que circula por la red, impidiendo unos y autorizando otros. Además, las ACL pueden controlar los dispositivos que pueden comunicarse en la red. Las ACL se definen en los switches de la capa de distribución, ya que son menos switches que en la capa de acceso y permiten que la administración se realice más fácilmente. Además, en la capa de distribución los switches tienen capacidad suficiente para aguantar la carga adicional que supone el uso de ACL.

### **Calidad de servicio**

Los switches de la capa de distribución necesitan admitir QoS para mantener la prioridad del tráfico que proviene de los switches de la capa de acceso que implementaron QoS. Con estas políticas las comunicaciones de audio y vídeo tendrán un ancho de banda necesario como para mantener una calidad aceptable. Además, los switches que envían datos de voz deben admitir QoS para que los datos de voz tengan prioridad. Si no admitieran QoS, los beneficios se reducirían de forma que el rendimiento y la calidad serían deficientes en las comunicaciones de vídeo.

Dado que los switches de la capa de distribución son altamente demandados, es importante que esta capa admita redundancia para tener una alta disponibilidad. Por ello, los switches de esta capa suelen implementarse en pares. Por otra parte, es conveniente que los switches de la capa de distribución admitan fuentes de energía múltiples intercambiables en caliente. Así, si una fuente falla, otra permitirá que el switch siga funcionando, además de poder cambiar la fuente que no funciona mientras el switch está encendido.

Por último, los switches de la capa de distribución deben admitir el agregado de enlaces. Los switches de la capa de acceso usan enlaces múltiples para realizar la conexión con los switches de la capa de distribución, asegurando así un ancho de banda adecuado, adaptando el tráfico generado en la capa de acceso y aportando tolerancia a fallos. Ya que los switches de la capa de distribución aceptan el tráfico entrante de varios switches de la capa de acceso, son necesarios los enlaces agregados de un alto ancho de banda de regreso a los switches de la capa núcleo. Los switches más nuevos de la capa de distribución pueden admitir enlaces agregados de hasta 10 Gigabit Ethernet en los switches de la capa núcleo.

### **Características del switch de capa núcleo**

La capa núcleo forma una red troncal de alta velocidad que requiere switches que manejen tasas muy altas de reenvío. Esta tasa depende de los dispositivos que participen en la red y se determina examinando el flujo de tráfico y analizando las comunidades de usuarios. Dependiendo de los resultados se elegirán los switches para el núcleo. Si estos switches se eligen mal se pueden producir cuellos de botella en el núcleo, haciendo todas las comunicaciones en la red más lentas. A continuación se estudiarán las características que deben cumplir los switches de la capa núcleo, las cuales son agregado de enlaces y redundancia.

#### **Agregado de enlaces**

El agregado de enlaces en esta capa es necesario para garantizar el ancho de banda adecuado que entra al núcleo desde la capa de distribución. Los switches de la capa de distribución deben dar soporte para conexiones agregadas de 10 GbE para distribuir el tráfico de una forma más eficiente al núcleo.

#### **Redundancia**

En la capa núcleo es necesario crear tanta redundancia como se pueda. Cuando se produce un fallo en el hardware, la redundancia de la capa 3 tiene una convergencia más rápida que la redundancia de la capa 2. Se entiende como convergencia el tiempo que tarda la red en adaptarse a un cambio. Además, los switches de la capa núcleo deben admitir las funciones de la capa 3. Conviene usar switches que tengan redundancia del hardware adicional, como son las fuentes de energía redundantes intercambiables en caliente, al igual que en la capa de distribución. También necesitan un buen sistema de refrigeración ya que debido a la carga que soportan se calientan más que los switches de las otras capas. Para tener un buen sistema de refrigeración se pueden usar ventiladores que se puedan intercambiar sin apagar el switch. De esta forma, se puede realizar el mantenimiento del switch (fuentes de energía y refrigeración) sin apagar el equipo.

Por otra parte, es importante que los switches de la capa núcleo den el servicio de QoS. Esto es así porque en los extremos de la red el tráfico más sensible a los tiempos, como es el tráfico de voz, debe tener garantías de QoS mayores que el tráfico que es menos sensible a los tiempos, como pueden ser las transferencias de archivos o el correo electrónico. Además, el acceso a la WAN de alta velocidad es muy costoso, por lo que la suma de ancho de banda en la capa núcleo se debe evitar. Para evitarlo, se usa QoS basado en un software que prioriza el tráfico, permitiendo que los switches de la capa

núcleo suministren una manera rentable de admitir uso óptimo y diferenciado del ancho de banda existente.

## **2.4. Sistema de cableado genérico**

### **2.4.1. Estructura del sistema de cableado genérico en edificios de oficinas**

#### **Generalidades**

En este capítulo se identificarán los elementos funcionales del cableado genérico con independencia del tipo de edificio donde se instalará el cableado. Además, se describirá cómo se conectan estos elementos entre sí para formar subsistemas de cableado troncal y se identificarán las interfaces en las que se conectan los componentes específicos a las aplicaciones mediante el cableado genérico. Estas aplicaciones se soportarán a través de canales creados gracias a la conexión al cableado genérico de componentes específicos a las aplicaciones.

#### **Elementos funcionales troncales**

Los elementos funcionales según las normas EN 50173-1 y EN 50173-2 para un sistema de cableado genérico son los siguientes:

- Repartidor de campus (RC)
- Cable de troncal de campus
- Repartidor de edificio (RE)
- Cable de troncal de edificio
- Repartidor de planta
- Cable horizontal
- Punto de consolidación (CP)
- Cable de punto de consolidación (cable CP)
- Conjunto tomas de telecomunicaciones multiusuario (conjunto MUTO)
- Toma de telecomunicaciones (TO)

Mediante la conexión de grupos de estos elementos funcionales se forman subsistemas de cableado. A continuación se verán las definiciones de los elementos anteriores. Algunos de ellos se verán más a fondo en el apartado “Dimensionado y configuración”.

**Repartidor de campus (RC)**

Desde este repartidor surge el cableado troncal de campus.

**Cable de troncal de campus**

Este cable conecta el repartidor de campus con los repartidores de edificios existentes. También pueden interconectar los repartidores de edificios entre sí.

**Repartidor de edificio (RE)**

Los cables de troncal de edificio terminan en este repartidor. En el repartidor de edificio se pueden realizar las conexiones con los cables de troncal de campus.

**Cable de troncal de edificio**

Este cable conecta el repartidor de edificio con un repartidor de planta. Además, pueden conectar varios repartidores de planta en el mismo edificio.

**Repartidor de planta**

Se usa para hacer las conexiones entre el subsistema de cableado vertical, los subsistemas de cableado especificados en las normas EN 50173 y los equipos activos.

**Cable horizontal**

Este cable conecta el repartidor de planta a las tomas de telecomunicaciones o puntos de consolidación.

**Punto de consolidación (CP)**

En el subsistema de cableado horizontal es el punto de conexión entre un repartidor de planta y una toma de telecomunicaciones.

**Cable de punto de consolidación (cable CP)**

Este cable conecta un punto de consolidación con una toma de telecomunicaciones.

**Conjunto de toma de telecomunicaciones multiusuario (conjunto MUTO)**

Un conjunto de toma de comunicaciones multiusuario se da cuando un conjunto de tomas de telecomunicaciones da servicio a más de un área de trabajo.

**Toma de telecomunicaciones (TO)**

En el diseño del cableado genérico se deben prever las tomas de telecomunicaciones a instalar en el espacio útil de las plantas.

## Estructura general y jerarquía

Los subsistemas que forman los sistemas de cableado genéricos son: troncal de campus, troncal de edificio y cableado horizontal. Estos subsistemas se conectan entre sí, creando el sistema de cableado genérico. La composición de estos subsistemas se verá más adelante.

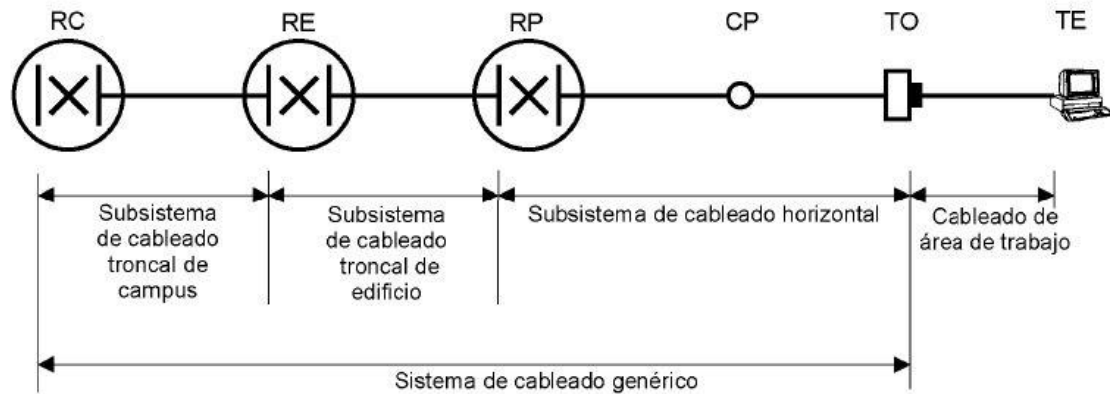


Figura 12. Estructura del cableado genérico

Además, los elementos funcionales de dichos subsistemas se conectan entre sí formando una topología jerárquica básica.

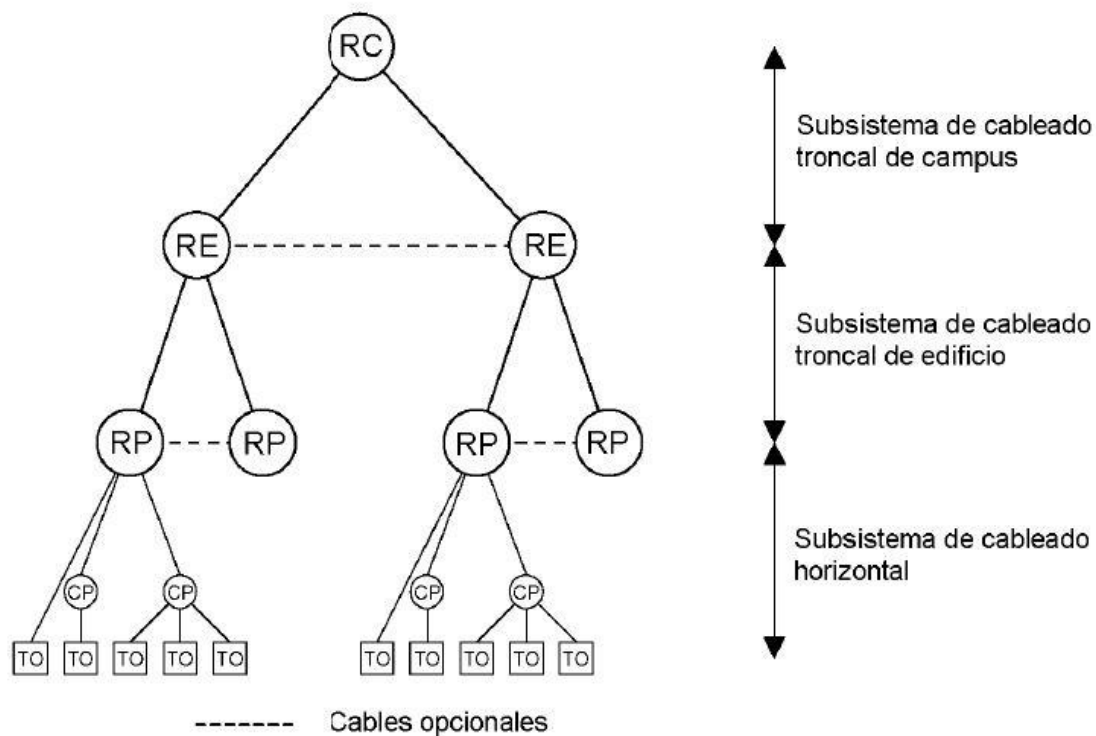


Figura 13. Estructura jerárquica del cableado genérico

Las conexiones entre los subsistemas de cableado pueden ser activas o pasivas. En las conexiones activas es necesario equipo específico a la aplicación y adoptan un enfoque de interconexión o de conexiones cruzadas. Por otra parte, las conexiones pasivas

adoptan un enfoque de conexiones cruzadas, usando latiguillos de parcheo o puentes, o de interconexión.

En las estructuras de cableado centralizado se combinan los canales horizontales y troncales. Los repartidores de los canales tienen conexiones pasivas. Las conexiones se realizan con conexiones cruzadas o interconexiones. Si se usa fibra óptica, se pueden realizar conexiones en los repartidores a través de empalmes, lo cual reduciría la capacidad para soportar una reconfiguración del cableado.

## **Subsistemas de cableado**

### **Subsistema de cableado troncal de campus**

Este subsistema se extiende desde el repartidor de campus a los repartidores de edificio que se encuentran normalmente en edificios diferentes. Cuando el subsistema de cableado troncal de campus está presente, incluye:

- Los cables de troncal de campus.
- La terminación mecánica de los cables de troncal de campus en los repartidores de campus y de edificio, además de los latiguillos de parcheo y/o puentes asociados en el RC.

A pesar de que los latiguillos de equipo se usan para conectar los equipos de transmisión al subsistema de cableado, no forman parte del subsistema de cableado porque son específicos a la aplicación.

Este subsistema puede proporcionar conexión directa entre repartidores de edificio. Cuando exista el cableado troncal de campus tiene que ser adicional al necesario para la topología jerárquica básica.

### **Subsistema de cableado troncal de edificio**

Este subsistema se extiende desde los repartidores de edificio a los repartidores de planta. Cuando el subsistema de cableado troncal de edificio está presente, incluye:

- Los cables de troncal de edificio.
- La terminación mecánica de los cables de troncal de edificio en el repartidor de edificio y en los repartidores de planta, además de los latiguillos de parcheo y/o puentes asociados en el RE.

A pesar de que los latiguillos de equipo se usan para conectar los equipos de transmisión al subsistema de cableado, no forman parte del subsistema de cableado porque son específicos a la aplicación.

Este subsistema puede proporcionar conexión directa entre repartidores de planta. Cuando exista el cableado troncal de edificio debe ser para asegurar una ruta de seguridad, además de la necesaria para la topología jerárquica básica.

### **Subsistema de cableado horizontal**

Este subsistema se extiende desde el repartidor de planta hasta las tomas de telecomunicaciones que se conecten a dicho repartidor. Incluye:

- Los cables horizontales.
- La terminación mecánica de los cables horizontales en la toma de telecomunicaciones y en el repartidor de planta, además de los latiguillos de parcheo y/o los puentes en el repartidor de planta.
- Los puntos de consolidación. Este componente es opcional.
- Cables CP. Este componente es opcional.
- Las tomas de telecomunicaciones o MUTO.

Los latiguillos de área de trabajo y de equipo que se usan para conectar equipos terminales y de transmisión al subsistema de cableado no forman parte del subsistema de cableado ya que son específicos a la aplicación. Además, los cables horizontales tienen que ser continuos desde el repartidor de planta hasta las tomas de telecomunicaciones, excepto en el caso de que se instale un punto de consolidación.

### **Objetivos de diseño**

Instalar el cableado troncal de forma que dure el tiempo de vida completo del sistema de cableado genérico no es económicamente viable. Además, hay casos en los que esto no es posible. En su lugar, lo que se pretende es que el diseño de la red esté basado en los requisitos de las aplicaciones actuales o las previsibles. Este criterio es adecuado para cableado de troncal de edificio que es fácilmente accesible.

Sin embargo, cuando se trata del cableado troncal de campus, se puede necesitar un enfoque a más largo plazo que en el caso del cableado troncal de edificio. Esto ocurre especialmente cuando el acceso a las vías de cableado está más restringido.

Por otra parte, el cableado horizontal debería ser diseñado de forma que soporte el máximo número de aplicaciones existentes y emergentes. Así, podrá proporcionar una vida operativa más larga y se minimiza el trastorno y el coste económico de recablear el área de trabajo.

### **Emplazamiento de los elementos funcionales**

En este apartado se estudiará el emplazamiento de los diferentes elementos funcionales.

#### **Emplazamiento de las tomas de telecomunicaciones**

A continuación, en la figura 14, se puede ver un ejemplo de cómo se emplazan en un edificio los elementos funcionales.

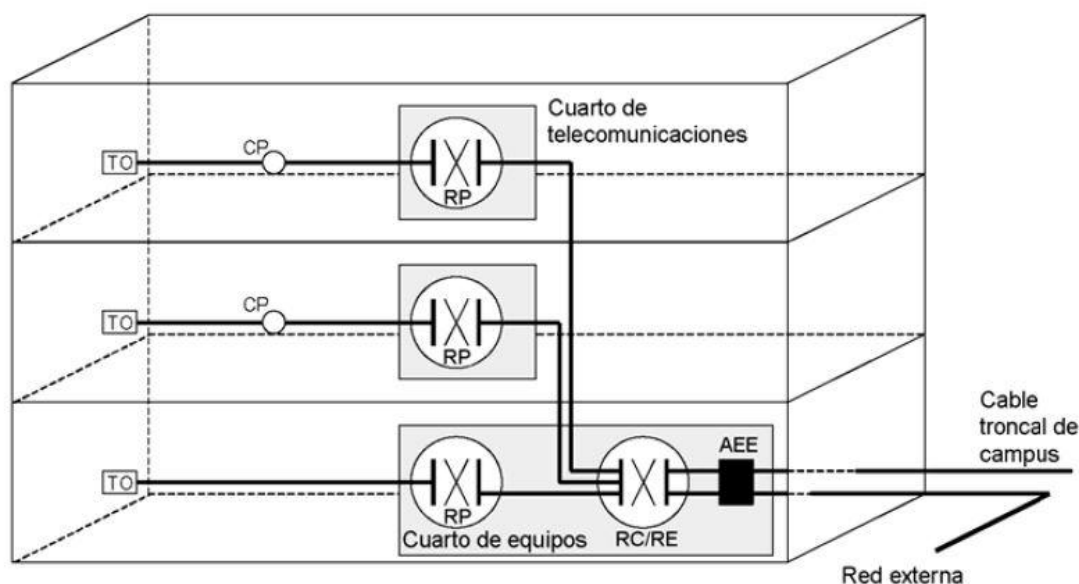


Figura 14. Estructuras para cableado genérico centralizado

Las tomas de telecomunicaciones están en el área de trabajo, en función del diseño del edificio.

### Emplazamiento de los repartidores

Los requisitos para ubicar los repartidores se especifican en la norma EN 50174-1.

Los repartidores de campus, de edificio y de planta están normalmente en los cuartos de equipos o en los cuartos de telecomunicaciones.

El cuarto de telecomunicaciones debe proporcionar todas las instalaciones (espacio, potencia, control ambiental, etc.) para componentes pasivos, dispositivos activos e interfaces de red externa que se encuentren en su interior. Además, cada cuarto de telecomunicaciones tiene que tener acceso directo al cableado troncal.

Por otro lado, en un cuarto de equipos se encuentran los equipos de telecomunicaciones y puede haber o no repartidores. Un cuarto de equipo se gestiona de forma distinta a como se hace en los cuartos de telecomunicaciones, debido a la complejidad de los equipos o su naturaleza. Además, en un cuarto de equipo puede haber más de un repartidor. Cuando una zona de telecomunicaciones aloja más de un repartidor, es considerada un cuarto de equipos.

### Emplazamiento de los cables

Los cables troncales se estiran a través de vías de cableado. Para soportar los cables en las vías se pueden emplear varios sistemas de gestión de cable, como son los canales, los conductos y las bandejas. En las normas EN 50174 se tienen los requisitos para las vías de cableado y los sistemas de gestión de cable.



## Interfaces

A continuación se verán las interfaces de equipo e interfaces de prueba, así como los canales y enlaces.

### Interfaces de equipo e interfaces de prueba

Las interfaces de equipos (IE) con el cableado genérico están en los extremos de cada subsistema de cableado troncal. Además, las interfaces de equipo potenciales están en los extremos del subsistema de cableado horizontal. Los puntos de consolidación no proporcionan una interfaz de equipo al sistema de cableado genérico.

Los repartidores de campus, edificio o planta pueden tener un interfaz de equipo con un servicio externo en cualquier puerto. Estos repartidores pueden usar interconexiones o conexiones cruzadas.

a) Modelo de interconexión



b) Modelo de conexión cruzada

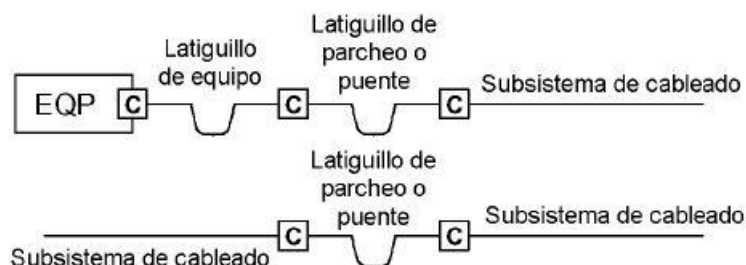


Figura 15. Modelos de interconexión y conexión cruzada

Las interfaces de prueba (representado como IP en las figuras 16 y 17) del cableado genérico están en los extremos de cada subsistema de cableado troncal. Además, las interfaces de prueba potenciales se localizan en los extremos del subsistema de cableado horizontal.

En la figura 16 se pueden ver los posibles interfaces de equipo y de prueba con los subsistemas de cableado troncal.



Figura 16. Interfaces de prueba y equipo para cableado troncal

En la figura 17 se ven las interfaces de equipo potenciales y las interfaces de prueba potenciales en el cableado horizontal.



Figura 17. Interfaces de prueba y de equipo

### Canales y enlaces

El canal es la ruta de transmisión entre el equipo de tecnologías de la información (como un concentrador LAN) y el equipo terminal. Un canal típico está formado por el subsistema de cableado horizontal, los latiguillos del área de trabajo y el equipo. En redes en las que se necesite un alcance mayor se crearía un canal mediante la conexión de dos o más subsistemas, incluyendo latiguillos de área de trabajo y/o de equipo. El canal de cableado genérico se debe diseñar de forma que cumpla las prestaciones de la clase requerida para las aplicaciones que se van a soportar. En los ensayos de verificación el canal debe excluir las conexiones en los equipos específicos a la aplicación.

Los enlaces pueden examinarse tanto durante la puesta en servicio, como para detectar posibles fallos en el cableado. En los ensayos de verificación el canal debe incluir las conexiones en los extremos del enlace de cableado donde se va a realizar el ensayo.

### Dimensionado y configuración

#### Repartidores

Dependiendo de la geografía, el tamaño del edificio y la estrategia del usuario se definen el número y tipo de subsistemas que se incluyen en la implementación del cableado genérico. Normalmente existe un repartidor de campus por campus, un repartidor de edificio por edificio y un repartidor de planta por planta. Cuando el edificio es pequeño y se puede trabajar en él con un único repartidor de edificio, no hace

falta un subsistema de cableado troncal de campus. Cuando se da el caso contrario y el edificio es grande, se usan varios repartidores de edificio que se conectan entre sí mediante un repartidor de campus.

El diseño de los repartidores se hará de tal forma que las longitudes de los latiguillos de parcheo, puentes y latiguillos de equipo sean las menores posibles. Estas longitudes, que se establecen en el diseño, deben ser las mismas durante la operatividad. A la hora de situar los repartidores se debe considerar que las longitudes de cable deben ser coherentes con los requisitos de prestaciones del canal. Los repartidores se deben emplazar de forma que no se excedan las longitudes de canal de la tabla 29.

Canal	Longitud (m)
Horizontal	100
Horizontal + troncal de edificio + troncal de campus	2000

Tabla 29. Máximas longitudes de canal para implementaciones de referencia

Cada 1000 m<sup>2</sup> de espacio reservado para oficinas en la planta debe haber un repartidor de planta. Además, debe haber un repartidor por planta, a no ser que haya una planta en la que haya una ocupación baja, en cuyo caso se permite que un repartidor de planta adyacente le dé servicio. Si, en caso contrario, se tiene una planta de extensión superior a 1000 m<sup>2</sup>, hará falta la instalación de repartidores de planta adicionales para dar un servicio eficiente.

Además, las funciones de repartidores múltiples pueden combinarse.

En la figura 18 se ve un ejemplo de cableado genérico. En ella, en el edificio en primer plano los repartidores se sitúan separados. Por otra parte, en el edificio en segundo plano se ven las funciones de repartidor de planta y de edificio combinadas en un único repartidor.

La redundancia puede formar parte del diseño de cableado para aumentar la seguridad o fiabilidad. En la figura 19 se muestra cómo elementos funcionales se conectan proporcionando redundancia. En dicha figura se protege contra interrupciones del cable de la red externa, así como contra daños por incendios.

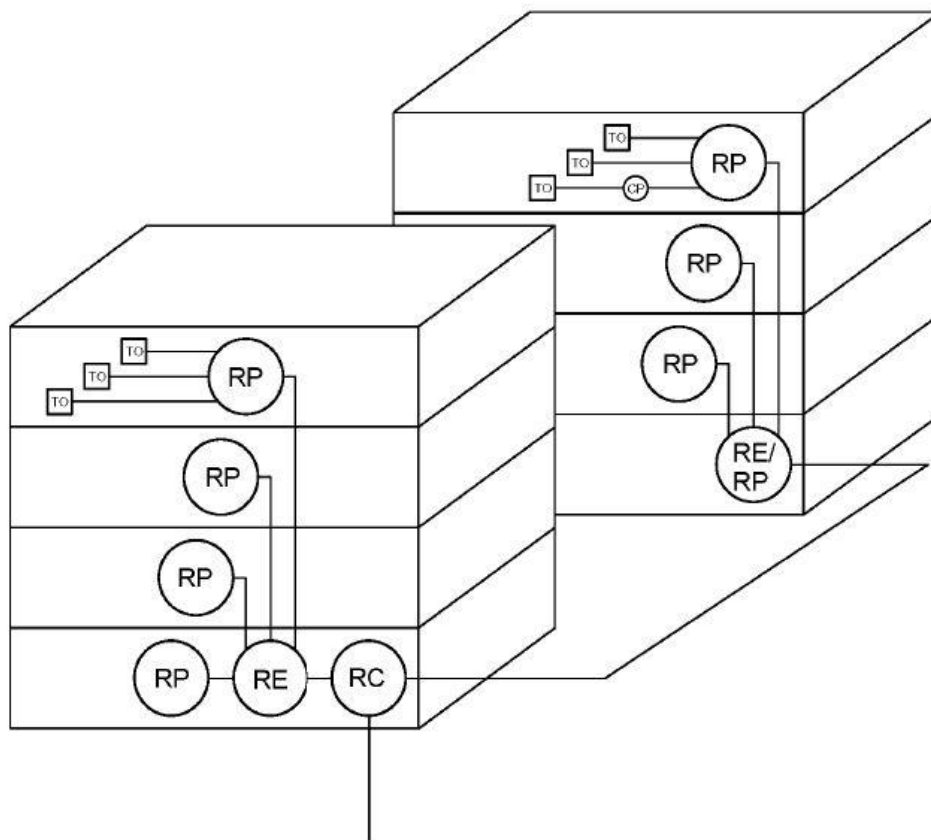


Figura 18. Sistema de cableado genérico con repartidores de planta y edificio combinados

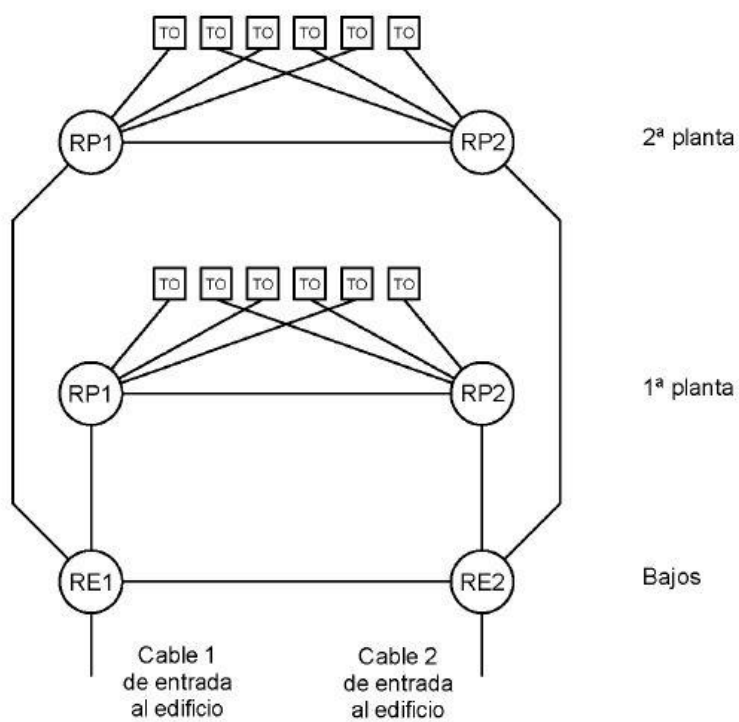


Figura 19. Conexión de elementos funcionales que proporcionan redundancia

### **Interfaz de red externa**

Las conexiones a redes externas para obtener servicios se hacen en las interfaces de red externa. Tanto dichas interfaces (cuando existan) como las instalaciones que deben proporcionarse están reguladas por legislaciones nacionales, regionales y locales. Cuando la interfaz de red externa no se conecte directamente a un interfaz de cableado genérico, se debe tener en cuenta las prestaciones del cableado de acceso a la red. Además, en ese caso, se debe considerar como parte del diseño inicial y de la implementación de las aplicaciones del cliente. El tipo de panel de conexiones cruzadas, así como el cable de acceso a la red deben ser considerados en el diseño del cableado genérico cuando sean un requisito de la legislación nacional.

### **Acometida de acceso al edificio**

Las instalaciones de acceso al edificio son necesarias donde el cableado troncal de campus, los cables de red pública y privada acceden a los edificios, produciendo una transición a los cables internos. Por ello, hará falta un punto de acometida en el muro del edificio y la vía de cableado que conduce al repartidor de campus o del edificio. En dicho punto se puede dar la transición del cable externo al interno.

### **Cables**

El hardware que se encarga de conectar los cables debe dar sujeción directa hacia delante a cada conductor y no debe provocar contacto entre más de un conductor de entrada o salida.

### **Latiguillos de área de trabajo y latiguillos de equipo**

Mientras que los latiguillos de área de trabajo conectan las tomas de telecomunicaciones al equipo terminal, los latiguillos de equipo conectan el equipo de transmisión a los repartidores del cableado genérico. Tanto los latiguillos de área de trabajo como los de equipo no se encuentran conectados de forma permanente y pueden ser específicos a la aplicación. Las prestaciones de los latiguillos se tienen que tener en cuenta en el diseño del canal.

### **Latiguillos de parcheo y puentes**

Estos latiguillos se usan en implementaciones de conexiones cruzadas en los repartidores. Sus prestaciones se deben tener en cuenta en el diseño del canal.

### **Toma de telecomunicaciones (TO)**

En el diseño del cableado genérico se deben prever las tomas de telecomunicaciones a instalar en el espacio útil de las plantas. Al elevar la densidad de tomas de telecomunicaciones se consigue mejorar la capacidad del cableado para realizar cambios. Se pueden instalar individualmente o en grupos. Cuando se utilice una toma de telecomunicaciones hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cada área de trabajo individual debe contar con dos tomas de telecomunicaciones como mínimo.

- La primera toma de telecomunicaciones debe ser para un cable balanceado de cuatro pares terminado de forma apropiada siguiendo la norma.
- La segunda toma de telecomunicaciones puede ser tanto para dos fibras ópticas como para cable balanceado de cuatro pares, ambos terminados de forma apropiada siguiendo la norma.
- Cada toma de telecomunicaciones debe estar identificada permanentemente de forma visible para los usuarios.
- Si se emplean dispositivos como baluns o adaptadores de impedancias debe ser de forma externa a las tomas.

En lugar de los cuatro pares, se pueden usar dos pares por toma de telecomunicaciones. Además, la asignación de pares inicial, así como los cambios posteriores deben quedar registrados. Se puede reasignar pares mediante inserciones.

### **Conjunto de toma de telecomunicaciones multiusuario (conjunto MUTO)**

Un conjunto de toma de comunicaciones multiusuario se da cuando un conjunto de tomas de telecomunicaciones da servicio a más de un área de trabajo. Se puede usar tanto en cableado balanceado como en fibra óptica. Cuando se utilice un conjunto MUTO hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Cada espacio amueblado debe quedar soportado por un conjunto MUTO como mínimo. Para ello, el conjunto se coloca en un área de trabajo abierta.
- Debe dar servicio a, como máximo, doce áreas de trabajo.
- Debe emplazarse en una ubicación permanente que sea accesible al usuario.
- No se debe realizar la instalación en techos ni áreas obstruidas.
- Para poder asegurar la gestión del cable en el área de trabajo, la longitud del latiguillo debe limitarse.

### **Punto de consolidación (CP)**

En el subsistema de cableado horizontal es el punto de conexión entre un repartidor de planta y una toma de telecomunicaciones. Este punto puede ser útil cuando haga falta flexibilidad a la hora de reubicar las tomas de telecomunicaciones. Cuando se utilice un punto de consolidación hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El grupo de área de trabajo debe estar soportado por un punto de consolidación como mínimo.
- Debe dar servicio a, como máximo, doce áreas de trabajo.

- Debe emplazarse en una ubicación permanente que sea accesible, como falsos techos o suelos técnicos.
- Debido a las prestaciones de transmisión para calcular las longitudes de cable entre el repartidor de planta y el punto de consolidación para cableado balanceado se debe tener en cuenta el efecto de múltiples conexiones cercanas entre sí.
- En el sistema de gestión del cableado se debe incluir la documentación y el etiquetado de los puntos.

### Cuartos de telecomunicaciones y cuartos de equipos

En estos cuartos están normalmente los repartidores de campus, de edificio y de planta.

El cuarto de telecomunicaciones debe proporcionar todas las instalaciones (espacio, potencia, control ambiental, etc.) para componentes pasivos, dispositivos activos e interfaces de red externa que se encuentren en su interior. Además, cada cuarto de telecomunicaciones tiene que tener acceso directo al cableado troncal.

Por otro lado, en un cuarto de equipos se encuentran los equipos de telecomunicaciones y puede haber o no repartidores. Un cuarto de equipo se gestiona de forma distinta a como se hace en los cuartos de telecomunicaciones, debido a la complejidad de los equipos o su naturaleza. Además, en un cuarto de equipo puede haber más de un repartidor. Cuando una zona de telecomunicaciones aloja más de un repartidor, es considerada un cuarto de equipos.

### 2.4.2. Prestaciones de canal en edificios de oficina

#### Generalidades

En este capítulo se verán las prestaciones de canal de cableado balanceado y fibra óptica según las clases. En la figura 20 se observan las prestaciones de transmisión de los canales tanto en las conexiones a los equipos activos como entre dichas conexiones.

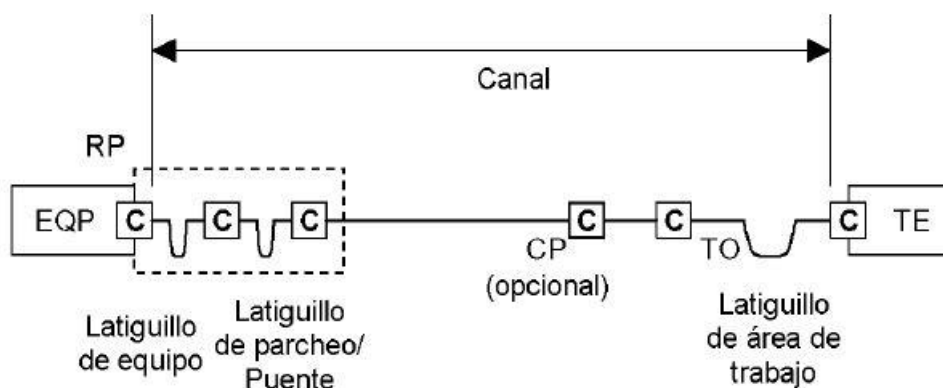


Figura 20. Ejemplo de canal horizontal

En el canal se encuentran las secciones pasivas de cable, conexiones, latiguillos de área de trabajo, latiguillos de equipo, latiguillos de parcheo y puentes.

En la norma EN 50173-1 se especifica que la clasificación ambiental de los edificios de oficinas es M<sub>1</sub>I<sub>1</sub>C<sub>1</sub>E<sub>1</sub>. El significado de estas letras se verá en el siguiente apartado.

El soporte de la aplicación depende de las prestaciones de transmisión del canal. A su vez, ésta depende de la longitud del cable, número de conexiones y prestaciones de los componentes. Todo ello en las condiciones ambientales en las que se encuentre el canal.

Para implementar un canal se utiliza:

- Sólo cableado horizontal.
- Sólo cableado troncal de edificio.
- Sólo cableado troncal de campus.
- Una combinación de las anteriores.

A continuación, en la figura 21, se tiene un ejemplo de un equipo terminal en el área de trabajo que está conectado al equipo de transmisión a través de un canal de fibra óptica y otro de cableado balanceado. Estos dos canales se conectan entre sí mediante un convertidor de cable de cobre balanceado a fibra óptica. Además, se tienen cuatro interfaces de canal, situándose en los extremos del canal balanceado y en los del canal de fibra óptica.

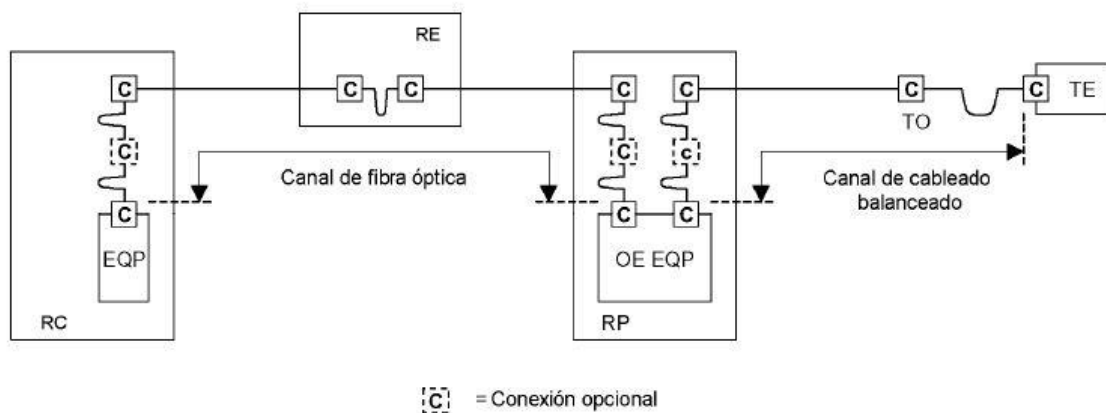


Figura 21. Sistema donde se muestran las interfaces de cableado

## Prestaciones ambientales

Las especificaciones de estas prestaciones se clasifican para cubrir las condiciones en las que los canales deben ser capaces de trabajar en los distintos edificios.

En el canal los componentes de cableado se ven sometidos a las condiciones locales. Éstas se usan para determinar las clasificaciones ambientales. Por otra parte, la temperatura operativa del cableado será la del ambiente local.

Las clasificaciones ambientales se usan para seleccionar los siguientes aspectos:



- Los componentes y/o la protección que se pueda proporcionar.
- Las técnicas de instalación que se usarán en el canal para proporcionar protección contra condiciones ambientales extremas.

La ubicación de un canal puede estar expuesta a diferentes condiciones ambientales, por lo que hay que clasificar de forma adecuada el entorno a lo largo del canal. Para los grupos M, I, C y E se eligen los parámetros más severos que se encuentren en el entorno. Todos los componentes se elegirán según la severidad específica de cada parámetro del grupo M, I, C o E.

En la tabla 30 se ven las clasificaciones ambientales para canal. Además, los detalles de dichas clasificaciones se tienen en la tabla 31.

Parámetro	Clase ambiental		
	1	2	3
Categoría mecánica	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
Categoría de estanquidad	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Categoría climática y química	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Categoría electromagnética	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>

Tabla 30. Entornos de canal

Por lo general, se puede clasificar el entorno de un canal utilizando una combinación MICE, como puede ser M<sub>2</sub>I<sub>1</sub>C<sub>3</sub>E<sub>1</sub>. Sin embargo, algunos entornos necesitan requisitos adicionales.

Los requisitos de una clasificación dada cubren los requisitos de una clasificación inferior. Por ejemplo, si un canal está diseñado para operar en unas condiciones ambientales definidas por M<sub>2</sub>, también debe ser capaz de operar en unas condiciones ambientales definidas por M<sub>1</sub>.

Mecánica	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>
Choque/Sacudida <sup>a</sup>			
Aceleración de pico	40 m/s <sup>2</sup>	100 m/s <sup>2</sup>	250 m/s <sup>2</sup>
Vibración			
Amplitud de desplazamiento (2 Hz a 9 Hz)	1,5 mm	7,0 mm	15,0 mm
Amplitud de aceleración (9 Hz a 500 Hz)	5 m/s <sup>2</sup>	20 m/s <sup>2</sup>	50 m/s <sup>2</sup>
Fuerza de tracción	Véase nota 1	Véase nota 1	Véase nota 1
Resistencia al aplastamiento	45 N sobre 25 mm (lineales) min.	1 100 N sobre 150 mm (lineales) min.	2 200 N sobre 150 mm (lineales) min.
Impacto	1 J	10 J	30 J
Curvatura, flexión y torsión	Véase nota 1	Véase nota 1	Véase nota 1
Estanquidad	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>
Polvo (diámetro máx.)	12,5 mm	0,05 mm	0,05 mm
Inmersión	Ninguna	Inyección intermitente de líquido ≤ 12,5 l/min ≥ 6,3 mm de chorro > 2,5 m de distancia	Inyección intermitente de líquido ≤ 12,5 l/min ≥ 6,3 mm de chorro > 2,5 m de distancia e inmersión (≤ 1 m durante ≤ 30 min)
Climática y química	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
Temperatura ambiente	-10 °C a +60 °C	-25 °C a +70 °C	-40 °C a +70 °C
Tasa de variación de temperatura	0,1 °C/min	1 °C/min	3 °C/min
Humedad	5% a 85% (sin condensación)	5% a 95% (con condensación)	5% a 95% (con condensación)
Radiación solar	700 W/m <sup>2</sup>	1 120 W/m <sup>2</sup>	1 120 W/m <sup>2</sup>
Polución líquida	Concentración × 10 <sup>-6</sup>	Concentración × 10 <sup>-6</sup>	Concentración × 10 <sup>-6</sup>
Contaminantes			
Cloruro sódico (sal/agua marina)	0	< 0,3	< 0,3
Aceite (concentración de aire seco)	0	< 0,005	< 0,5
Estearato sódico (jabón)	Ninguno	> 5 × 10 <sup>-4</sup> acuosidad no gelificante	> 5 × 10 <sup>-4</sup> acuosidad gelificante
Detergente	Ninguno	Para estudios posteriores	Para estudios posteriores
Partículas conductoras en solución	Ninguna	Temporalmente	Presente
Polución gaseosa	Media/Pico (Concentración × 10 <sup>-6</sup> )	Media/Pico (Concentración × 10 <sup>-6</sup> )	Media/Pico (Concentración × 10 <sup>-6</sup> )
Contaminantes			
Sulfuro de hidrógeno	< 0,003 / < 0,01	< 0,05 / < 0,5	< 10 / < 50
Dióxido de azufre	< 0,01 / < 0,03	< 0,1 / < 0,3	< 5 / < 15
Trióxido de azufre (Para estudios posteriores)	< 0,01 / < 0,03	< 0,1 / < 0,3	< 5 / < 15
Cloro en atmósfera húmeda (> 50% humedad)	< 0,000 5 / < 0,001	< 0,005 / < 0,03	< 0,05 / < 0,3
Cloro en atmósfera seca (< 50% humedad)	< 0,002 / < 0,01	< 0,02 / < 0,1	< 0,2 / < 1,0
Ácido clorhídrico	- / < 0,06	< 0,06 / < 0,3	< 0,6 / < 3,0
Fluoruro de hidrógeno	< 0,001 / < 0,005	< 0,01 / < 0,05	< 0,1 / < 1,0
Amoníaco	< 1 / < 5	< 10 / < 50	< 50 / < 250
Oxidos de nitrógeno	< 0,05 / < 0,1	< 0,5 / < 1	< 5 / < 10
Ozono	< 0,002 / < 0,005	< 0,025 / < 0,05	< 0,1 / < 1
Electromagnética	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
Descarga electrostática – Contacto (0,0667 μC)	4 kV	4 kV	4 kV
Descarga electrostática – Aire (0,132 μC)	8 kV	8 kV	8 kV
Radio frecuencia radiada, amplitud modulada (RF – AM)	3 V/m a (80 a 1 000) MHz 3 V/m a (1 400 a 2 000) MHz 1 V/m a (2 000 a 2 700) MHz	3 V/m a (80 a 1 000) MHz 3 V/m a (1 400 a 2 000) MHz 1 V/m a (2 000 a 2 700) MHz	10 V/m a (80 a 1 000) MHz 3 V/m a (1 400 a 2 000) MHz 1 V/m a (2 000 a 2 700) MHz
Radio frecuencia conducida (RF)	3 V a 150 kHz a 80 MHz	3 V a 150 kHz a 80 MHz	10 V a 150 kHz a 80 MHz
Transitorios eléctricos rápidos/Ráfagas (EFT/B Electrical fast transient/Burst)	CA 500 V	CA 1 000 V	CA 2 000 V
Tren de pulsos (transitorios por diferencia de potencial a masa) – señal, línea a tierra	500 V	1 000 V	2 000 V
Campo magnético (50/60 Hz)	1 A/m	3 A/m	30 A/m
Campo magnético (60 Hz a 20 000 Hz)	Para estudios posteriores	Para estudios posteriores	Para estudios posteriores

<sup>a</sup> Las propiedades de repetitividad del choque que sufre el canal deben tenerse en cuenta.

NOTA 1 Este aspecto de clasificación ambiental es específico a la instalación y debería considerarse junto a la Norma EN 50174-2 y la especificación del componente adecuado.

Tabla 31. Detalles de clasificación ambiental

## **Prestaciones de transmisión**

### **Generalidades**

Las especificaciones de las prestaciones de transmisión de canal se diferencian en Clases, las cuales permiten la transmisión de ciertas aplicaciones. Estos requisitos deben cumplirse para todas las clasificaciones ambientales especificadas para el canal.

Los requisitos de prestaciones de canal se deben utilizar para el diseño. Además, pueden usarse para verificar cualquier implementación de la norma europea a través de métodos de ensayo. Dichos requisitos se pueden usar para desarrollar aplicaciones y para localizar y reparar averías.

Se deberían medir las prestaciones cuando se trabaje a la temperatura con la que se obtenga el peor comportamiento posible, así como calcular las peores prestaciones en otras temperaturas.

### **Prestaciones de canal de cableado balanceado**

Se tienen las siguientes Clases para el cableado balanceado:

- Clase A: especificada hasta 100 KHz.
- Clase B: especificada hasta 1 MHz.
- Clase C: especificada hasta 16 MHz.
- Clase D: especificada hasta 100 MHz.
- Clase E: especificada hasta 250 MHz.
- Clase Ea: especificada hasta 500 MHz.
- Clase F: especificada hasta 600 MHz.
- Clase Fa: especificada hasta 1000 MHz.

Un canal de Clase A debe proporcionar las prestaciones mínimas de transmisión para soportar aplicaciones de Clase A. Lo mismo ocurre en las otras Clases, de forma que las Clases B, C, D, E y F proporcionan prestaciones de transmisión para soportar aplicaciones de Clase B, C, D, E y F respectivamente. Además, los canales de una clase deben soportar las aplicaciones de las clases inferiores, siendo la Clase A la más baja.

Existen otras dos clases además de las anteriores, las cuales son:

- Clase CCCB: especificada hasta 0'1 MHz.
- Clase BCT-B: especificada hasta 1000 MHz.

La impedancia de los canales es de 100  $\Omega$ . Esto se consigue con un buen diseño y eligiendo correctamente los componentes que forman parte del cableado.

Los parámetros que se estudiarán a continuación son aplicables a canales con elementos de cable apantallado o sin apantallar, con o sin pantalla global, excepto que se exprese de otra manera.

### Pérdidas de retorno

La pérdida de retorno es la diferencia entre la potencia de la señal transmitida y la de las reflexiones que surgen debido a las variaciones en impedancia del cable. Las pérdidas de retorno caracterizan la variación de la impedancia de entrada de un canal. Es aplicable a las Clases C, D, E, F y BCT-B. En cada par de un canal las pérdidas de retorno deben encontrarse dentro de los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Dichos límites se encuentran calculados a frecuencias clave en la tabla 32.

Frecuencia MHz	Mínimas pérdidas de retorno dB						
	0'1	1'0	16'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase C	N/A	15'0	15'0	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase D	N/A	17'0	17'0	10'0	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	19'0	18'0	12'0	8'0	N/A	N/A
Clase F	N/A	19'0	18'0	12'0	8'0	8'0	N/A
Clase BCT-B	N/A	19'0	18'0	14'0	11'0	10'0	8'0

Tabla 32. Límites de pérdidas de retorno para configuración de canal a frecuencias clave

### Pérdidas de inserción

La pérdida de inserción es la pérdida de potencia de señal que se produce por la inserción de un dispositivo en una línea de transmisión o fibra óptica. Se expresa en decibelios.

Al igual que en las pérdidas de retorno, en cada par de un canal las pérdidas de inserción deben encontrarse dentro de los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. A continuación se verá una tabla donde se indican estos límites.

Frecuencia MHz	Máxima pérdida de inserción dB						
	0'1	1'0	16'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase A	16'0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase B	5'5	5'8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Clase C	N/A	4'2	14'4	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase D	N/A	4'0	9'1	24'0	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	4'0	8'3	21'7	35'9	N/A	N/A
Clase F	N/A	4'0	8'1	20'8	33'8	54'6	N/A
Clase CCCB	4'0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase BCT-B-L	N/A	2'0	2'0	2'8	4'6	7'4	9'9
Clase BCT-B-M	N/A	2'0	2'0	5'0	8'2	13'2	17'6
Clase BCT-B-H	N/A	2'0	3'7	9'4	15'3	24'8	33'2

Tabla 33. Límites de pérdidas de inserción para configuración de canal a frecuencias clave.

### Pérdidas de paradiafonía

Las pérdidas de paradiafonía se dividen en:

- NEXT par a par (NEXT). Es el ruido que se acopla en un par causado por otro par cercano.
- Suma de potencia NEXT (PSNEXT). Es la suma de la paradiafonía NEXT en todos los pares de hilos del cable.

Frecuencia MHz	Mínimo NEXT dB						
	0'1	1'0	16'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase A	27'0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase B	4'0	25'0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase C	N/A	39'1	19'4	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase D	N/A	60'0	43'6	30'1	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	65'0	53'2	39'9	33'1	N/A	N/A
Clase F	N/A	65'0	65'0	62'9	56'9	51'2	N/A

Tabla 34. Límites de NEXT para configuración de canal a frecuencias clave

NEXT es aplicable a las Clases A, B, C, D, E y F. Debe cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Estos límites se muestran en la tabla 34, calculados

a frecuencias clave. Los requisitos de NEXT se tienen que cumplir en los dos extremos del cable.

Los valores en los que la atenuación del canal es inferior a 4'0 dB tienen sólo valor informativo.

Por otra parte, PSNEXT es aplicable a las Clases D, E y F. Debe cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Estos límites se muestran en la tabla 35, calculados a frecuencias clave. Los requisitos de PSNEXT se deben medir en los dos extremos del cableado.

El PSNEXT del par  $k$ ,  $\alpha_{\text{PSNEXT}}(k)$ , se calcula a partir del NEXT par a par  $\alpha_{\text{NEXT}}(i,k)$  de los pares adyacentes  $i$ ,  $i=1 \dots n$ . Se entiende como  $\alpha_{\text{NEXT}}(i,k)$  el NEXT par a par del par  $k$  respecto al par adyacente  $i$  en dB. La fórmula para calcular el PSNEXT es la siguiente:

$$\alpha_{\text{PSNEXT}}(k) = -10 \times \lg \sum_{i=0, i \neq k}^n 10^{-0.1 \times \alpha_{\text{NEXT}}(i,k)}$$

Frecuencia MHz	Mínimo PSNEXT dB						
	0'1	1'0	16'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase D	N/A	57'0	40'6	27'1	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	62'0	50'6	37'1	30'2	N/A	N/A
Clase F	N/A	62'0	62'0	59'9	53'9	48'2	N/A

Tabla 35. Límites PSNEXT para configuración de canal a frecuencias clave

Los valores en los que las pérdidas de inserción del canal son inferiores a 4'0 dB tienen sólo valor informativo.

### Relación entre pérdidas de inserción y pérdidas por diafonía, ACR

Los tipos de ACR son:

- ACR par a par.
- Suma de potencia de ACR (PSACR).

El ACR de dos pares,  $\alpha_{\text{ACR}}(i,k)$ , se calcula a partir del NEXT par a par de dichos pares,  $\alpha_{\text{NEXT}}(i,k)$ , y las pérdidas de inserción del primero de ellos,  $\alpha(i)$ , de la siguiente forma:

$$\alpha_{\text{ACR}}(i,k) = \alpha_{\text{NEXT}}(i,k) - \alpha(i)$$

El resultado de la fórmula anterior se expresa en dB.

El ACR es aplicable a las Clases D, E y F. Cada combinación de pares de un canal debe cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Estos límites se encuentran en la tabla 36, calculados a frecuencias clave. Los requisitos de ACR se deben cumplir en los dos extremos del cableado.

Frecuencia MHz	Mínimo ACR dB						
	0'1	1'0	16'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase D	N/A	56'0	34'5	6'1	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	61'0	44'9	18'2	-2'8	N/A	N/A
Clase F	N/A	61'0	59'9	42'1	23'1	-3'4	N/A

Tabla 36. Límites de ACR para configuración de canal a frecuencias clave

Por otra parte, la suma de potencia de ACR (PSACR) de un par  $k$  se calcula a partir del PSNEXT de dicho par,  $\alpha_{\text{PSNEXT}}(k)$ , y de las pérdidas de inserción de dicho par,  $\alpha(k)$ , usando la siguiente fórmula:

$$\alpha_{\text{PSACR}}(k) = \alpha_{\text{PSNEXT}}(k) - \alpha(k)$$

El resultado de la fórmula anterior se expresa en dB.

El parámetro PSACR es aplicable a las Clases D, E y F, y debe cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Dichos límites se muestran calculados a frecuencias clave en la tabla 37. Los requisitos de PSACR se deben cumplir en los dos extremos del cableado.

Frecuencia MHz	Mínimo PSACR dB						
	0'1	1'0	16'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase D	N/A	53'0	31'5	3'1	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	58'0	42'3	15'4	-5'8	N/A	N/A
Clase F	N/A	58'0	53'9	39'1	20'1	-6'4	N/A

Tabla 37. Límites de PSACR para configuración de canal a frecuencias clave

### Pérdidas por telediafonía de igual nivel (ELFEXT)

Las pérdidas por telediafonía de igual nivel se dividen en:

- ELFEXT par a par.
- Suma de potencia ELFEXT (PSELFEXT).

El parámetro ELFEXT de dos pares,  $\alpha_{\text{ELFEXT}}(i,k)$ , se calcula a partir del FEXT par a par,  $\alpha_{\text{FEXT}}(i,k)$ , y las pérdidas de inserción,  $\alpha(k)$ , de la siguiente forma:

$$\alpha_{\text{ELFEXT}}(i,k) = \alpha_{\text{FEXT}}(i,k) - \alpha(k)$$

Siendo  $i$  el número del par perturbado y  $k$  el número del par perturbador. El resultado de esta fórmula se expresa en dB.

El ELFEXT es aplicable a las Clases D, E y F. Cada combinación de pares de un canal debe cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Dichos límites se muestran calculados a frecuencias clave en la tabla 38.

Frecuencia MHz	Mínimo ELFEXT dB						
	0'1	1'0	16'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase D	N/A	57'4	33'3	17'4	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	63'3	39'2	23'3	15'3	N/A	N/A
Clase F	N/A	65'0	57'5	44'4	37'8	31'3	N/A

Tabla 38. Límites ELFEXT para configuración de canal a frecuencias clave

Por otra parte, la suma de potencia ELFEXT (PSELFEXT) del par perturbado  $k$ ,  $\alpha_{\text{PSELFEXT}}(k)$ , se calcula a partir del  $\alpha_{\text{ELFEXT}}(i,k)$  par a par de los pares adyacentes  $i$ ,  $i=1 \dots n$  de la siguiente forma:

$$\alpha_{\text{PSELFEXT}}(k) = -10 \times \lg \sum_{i=0, i \neq k}^n 10^{-0'1 \times \alpha_{\text{ELFEXT}}(i,k)}$$

En dicha fórmula  $\alpha_{\text{ELFEXT}}(i,k)$  hace referencia al ELFEXT par a par del par  $k$  respecto al par  $i$  adyacente.

EL PSELFEXT es aplicable a las clases D, E y F. Para cada par de un canal debe cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Dichos límites se muestran calculados a frecuencias clave en la tabla 39.

Frecuencia MHz	Mínimo PSELFEXT dB						
	0'1	1'0	16'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase D	N/A	54'4	30'3	14'4	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	60'3	36'2	20'3	12'3	N/A	N/A
Clase F	N/A	62'0	54'5	41'4	34'8	28'3	N/A

Tabla 39. Límites PSELFEXT para configuración de canal a frecuencias clave



**Resistencia de bucle en corriente continua (c.c.)**

La resistencia de bucle en corriente continua debe cumplir los límites que se muestran en la tabla 40 para cada par de un canal.

Clase	Máxima resistencia de bucle en c.c. $\Omega$
A	560'0
B	170'0
C	40'0
D	25'0
E	25'0
F	25'0
CCCB	10'0*
* Para las aplicaciones que no requieran alimentación eléctrica el límite puede ser reducido a 8 $\Omega$ .	

Tabla 40. Valores máximos de resistencia de bucle en c.c. para configuración de canal

**Resistencia no balanceada en corriente continua (c.c.)**

Clase	Máxima resistencia no balanceada en c.c. %
A	3'0
B	3'0
C	3'0
D	3'0
E	3'0
F	3'0
CCCB	3'0*
* Para las aplicaciones que no requieran alimentación eléctrica el límite debe ser reducido a 1'5%.	

Tabla 41. Valores máximos de resistencia no balanceada en c.c. para un canal

La resistencia no balanceada en corriente continua debe cumplir los límites de la tabla 41 entre los dos conductores en cada par de un canal. Para cumplir este requisito se debe tener un diseño adecuado.

### Alimentación eléctrica en c.c.

Para las temperaturas en las que se vaya a utilizar el cableado, los canales de Clases D, E y F deben soportar una corriente continua de 0'175 A, mientras que los de Clase CCCB deben soportar una corriente continua de 0'7 A, así como proporcionar una capacidad de potencia mínima de 15 W c.c. Además, los canales de Clase CCCB tienen que soportar una mínima corriente límite de pérdida de 1 A c.c.

Para la seguridad de la alimentación eléctrica se consultarán las instrucciones del fabricante y normas de aplicación correspondientes.

Debido a la alta temperatura producida al usar mazos de cables o multiunidad, se debe tener precaución.

### Tensión de funcionamiento

Los canales de Clases D, E, F y CCCB se deben diseñar para soportar una tensión de funcionamiento de 72V c.c. entre dos conectores cualesquiera en las temperaturas en las que se vaya a usar el cableado. Para conseguirlo, se debe realizar un diseño adecuado.

### Retardo de propagación

El retardo de propagación es el tiempo que tarda una señal en viajar desde el emisor hasta el receptor a través del medio.

Este parámetro es aplicable a las Clases A, B, C, D, E, F, CCCB y BCT-B. Para cada par de un canal debe cumplir los límites calculados, con precisión de tres dígitos decimales. Dichos límites se muestran calculados a frecuencias clave en la tabla 42.

Cuando sea necesario este retardo se medirá de acuerdo con la Norma EN 50346.

Frecuencia MHz	Máximo retardo de propagación μs						
	0'1	1'0	16'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase A	20'000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase B	5'000	5'000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase C	N/A	0'580	0'553	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase D	N/A	0'580	0'553	0'548	N/A	N/A	N/A
Clase E	N/A	0'580	0'553	0'548	0'546	N/A	N/A

Clase F	N/A	0'580	0'553	0'548	0'546	0'545	N/A
Clase CCCB	1'000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase BCT-B	N/A	0'580	0'553	0'548	0'546	0'545	N/A

Tabla 42. Límites de retardo de propagación para configuración de canal a frecuencias clave

### Retardo diferencial

El retardo diferencial es la diferencia entre los retardos máximos y mínimos de las frecuencias comprendidas en una banda determinada.

Este parámetro es aplicable a las Clases C, D, E y F. Entre todos los pares de un canal, el retardo diferencial debe cumplir los límites calculados, con precisión de tres dígitos decimales. Dichos límites se muestran calculados en la tabla 43.

Cuando sea necesario este retardo se medirá de acuerdo con la Norma EN 50346.

Clase	Retardo diferencial máximo $\mu\text{s}$
C	0'050 <sup>a</sup>
D	0'050 <sup>a</sup>
E	0'050 <sup>a</sup>
F	0'030 <sup>b</sup>
<sup>a</sup> Cálculo basado en $0'045 + 4 \times 0'00125$ <sup>b</sup> Cálculo basado en $0'025 + 4 \times 0'00125$	

Tabla 43. Límites de retardo diferencial para configuración de canal

### Pérdidas de conversión transversal (TCL Transverse Conversion Loss)

El parámetro TCL es aplicable a las Clases A, B, C, D, E, F y BCT-B. Además, cada par de un canal cuyos componentes no estén apantallados y esté bajo una clasificación ambiental  $E_x$  debe cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Dichos límites se muestran calculados a frecuencias clave en la tabla 44.

Los requisitos de TCL se deben cumplir en los dos extremos del cableado, lo cual se puede conseguir mediante la elección correcta de los cables y el hardware de conexión.

Frecuencia MHz		Mínimo TCL dB						
		0'1	1'0	16'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase A	E <sub>1</sub>	30'0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	E <sub>2</sub>	30'0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	E <sub>3</sub>	30'0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase B	E <sub>1</sub>	45'0	20'0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	E <sub>2</sub>	45'0	20'0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	E <sub>3</sub>	45'0	20'0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase C	E <sub>1</sub>	N/A	30'0	24'0	N/A	N/A	N/A	N/A
	E <sub>2</sub>	N/A	30'0	24'0	N/A	N/A	N/A	N/A
	E <sub>3</sub>	N/A	30'0	24'0	N/A	N/A	N/A	N/A
Clase D	E <sub>1</sub>	N/A	40'0	34'9	20'4	N/A	N/A	N/A
	E <sub>2</sub>	N/A	40'0	40'0	30'4	N/A	N/A	N/A
	E <sub>3</sub>	N/A	40'0	40'0	40'0	N/A	N/A	N/A
Clase E	E <sub>1</sub>	N/A	40'0	34'9	20'4	12'4	N/A	N/A
	E <sub>2</sub>	N/A	40'0	40'0	30'4	22'4	N/A	N/A
	E <sub>3</sub>	N/A	40'0	40'0	40'0	34'4	N/A	N/A
Clase F	E <sub>1</sub>	N/A	40'0	34'9	20'4	12'4	4'8	N/A
	E <sub>2</sub>	N/A	40'0	40'0	30'4	22'4	14'8	N/A
	E <sub>3</sub>	N/A	40'0	40'0	40'0	34'4	24'8	N/A
Clase BCT-B	E <sub>1</sub>	N/A	40'0	34'9	20'4	12'4	4'8	0'4
	E <sub>2</sub>	N/A	40'0	40'0	30'4	22'4	14'8	10'4
	E <sub>3</sub>	N/A	40'0	40'0	40'0	34'4	24'8	20'4
NOTA Valores a frecuencias superiores de 100 MHz tienen únicamente valor informativo								

Tabla 44. Límites de pérdidas de conversión transversal para un canal de cableado sin apantallar a frecuencias clave

### Pérdidas de transferencia de conversión transversal de igual nivel (ELTCTL Equal Level Transverse Conversion Transfer Loss)

El parámetro ELTCTL es aplicable a las Clases D, E, F y BCT-B. Además, cada par de un canal cuyos componentes no estén apantallados y esté bajo una clasificación ambiental  $E_x$  debe cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Dichos límites se muestran calculados a frecuencias clave en la tabla 45.

Los requisitos de ELTCTL se deben cumplir en los dos extremos del cableado, lo cual se puede conseguir mediante la elección correcta de los cables y el hardware de conexión.

Frecuencia MHz		Mínimo ELTCTL dB		
		1'0	16'0	30'0
Clase D	E <sub>1</sub>	30'0	5'9	0'5
	E <sub>2</sub>	40'0	15'9	10'5
	E <sub>3</sub>	40'0	25'9	20'5
Clase E	E <sub>1</sub>	30'0	5'9	0'5
	E <sub>2</sub>	40'0	15'9	10'5
	E <sub>3</sub>	40'0	25'9	20'5
Clase F	E <sub>1</sub>	30'0	5'9	0'5
	E <sub>2</sub>	40'0	15'9	10'5
	E <sub>3</sub>	40'0	25'9	20'5
Clase BCT-B	E <sub>1</sub>	30'0	5'9	0'5
	E <sub>2</sub>	40'0	15'9	10'5
	E <sub>3</sub>	40'0	25'9	20'5

Tabla 45. Límites de ELTCTL para configuración de canal de cableado sin apantallar a frecuencias clave

### Atenuación de acoplamiento

La atenuación de acoplamiento es aplicable a las Clases D, E, F y BCT-B. Además, cada par de un canal que esté bajo una clasificación  $E_x$  y cuyos componentes estén apantallados debe cumplir los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Dichos límites se muestran calculados a frecuencias clave en la tabla 46.

Los requisitos de este parámetro se deben cumplir en los dos extremos del cableado, lo cual se puede conseguir mediante la elección correcta de los cables y el hardware de conexión.

Frecuencia MHz		Mínima atenuación de acoplamiento dB				
		30'0	100'0	250'0	600'0	1000'0
Clase D	E <sub>1</sub>	40'0	40'0	N/A	N/A	N/A
	E <sub>2</sub>	50'0	50'0	N/A	N/A	N/A
	E <sub>3</sub>	60'0	60'0	N/A	N/A	N/A
Clase E	E <sub>1</sub>	40'0	40'0	32'0	N/A	N/A
	E <sub>2</sub>	50'0	50'0	42'0	N/A	N/A
	E <sub>3</sub>	60'0	60'0	52'0	N/A	N/A
Clase F	E <sub>1</sub>	40'0	40'0	32'0	24'4	N/A
	E <sub>2</sub>	50'0	50'0	42'0	34'4	N/A
	E <sub>3</sub>	60'0	60'0	52'0	44'4	N/A
Clase BCT-B	E <sub>1</sub>	40'0	40'0	32'0	24'4	20'0
	E <sub>2</sub>	50'0	50'0	42'0	34'4	30'0
	E <sub>3</sub>	60'0	60'0	52'0	44'4	40'0

Tabla 46. Límites de atenuación de acoplamiento para configuración de canal de cableado apantallado a frecuencias clave

## Capacidad

Los parámetros de capacidad son aplicables a la Clase CCCB.

La capacidad mutua de un par dentro de un canal se debe encontrar dentro del rango de 2'0 nF a 20 nF cuando se mide a 1 KHz, según la norma EN 50289-1-5.

Por otra parte, la capacidad no balanceada entre todos los pares de un canal no debe sobrepasar los 75 pF cuando se realiza la medición a 1 KHz, según la norma EN 50289-1-5.

Además, la capacidad no balanceada a masa de un canal no debe sobrepasar los 450 pF cuando se realiza la medición a 1 KHz, según la norma EN 50289-1-5.

## **Prestaciones de canal de cableado coaxial**

### **Generalidades**

Las prestaciones de pérdidas de inserción del cableado BCT-C se subdividen en tres subclases, llamadas L, M y H, las cuales tienen los mismos requisitos de prestaciones en el resto de parámetros de transmisión.

La impedancia nominal de los canales es  $75 \Omega$ , lo cual se puede conseguir a través de un diseño adecuado, además de elegir correctamente los componentes del cableado.

### **Pérdidas de retorno**

La pérdida de retorno es la diferencia entre la potencia de la señal transmitida y la de las reflexiones que surgen debido a las variaciones en impedancia del cable. Las pérdidas de retorno caracterizan la variación de la impedancia de entrada de un canal.

Los límites que deben cumplir estas pérdidas se muestran en la tabla 47.

Cuando sea necesario, las pérdidas de retorno se miden según la Norma EN 50289-1-11. Los requisitos de estas pérdidas se deben cumplir en los dos extremos del cableado.

<b>Frecuencia MHz</b>	<b>Mínimas pérdidas de retorno dB</b>
$5 \leq f < 470$	18'0
$470 \leq f < 1000$	16'0
$1000 \leq f \leq 3000$	10'0

Tabla 47. Límites de pérdidas de retorno para configuración de canal de Clase BCT-C

### **Pérdidas de inserción**

La pérdida de inserción es la pérdida de potencia de señal que se produce por la inserción de un dispositivo en una línea de transmisión o fibra óptica. Se expresa en decibelios.

Al igual que en las pérdidas de retorno, en cada canal las pérdidas de inserción deben encontrarse dentro de los límites calculados, con precisión de un dígito decimal. Estos límites se muestran en la tabla 48 calculados a frecuencias clave.

Frecuencia MHz	Máximas pérdidas de inserción dB							
	5'0	10'0	100'0	200'0	600'0	1000'0	2400'0	3000'0
Clase BCT-C-L	2'0	2'0	2'8	3'9	6'7	8'6	13'4	15'0
Clase BCT-C-M	2'0	2'0	5'6	7'6	13'2	17'1	26'5	29'7
Clase BCT-C-H	2'0	60'0	7'1	9'7	20'1	21'7	33'7	37'8

Tabla 48. Límites de pérdidas de inserción para configuración de canal a frecuencias clave

### Resistencia de bucle en corriente continua (c.c.)

La resistencia de bucle en corriente continua (c.c.) debe cumplir los límites de la tabla 49, lo cual se puede conseguir a través d un diseño adecuado.

Clase	Máxima resistencia de bucle en c.c. $\Omega$
BCT-C	5'0

Tabla 49. Límites de resistencia de bucle en c.c. para canal

### Alimentación eléctrica en corriente continua (c.c.)

El diseño de los canales BCT-C se debe realizar de forma que soporten una corriente de 0'5 A c.c. para las temperaturas en las que se vaya a utilizar el cableado.

Para tomar las medidas de seguridad se consultan las instrucciones del fabricante y las normas de aplicación pertinentes.

Debido a la alta temperatura producida al usar mazos de cables o multiunidad, se debe manejar con precaución.

### Tensión de funcionamiento

El diseño de los canales BCT-C se debe realizar de forma que soporten una tensión de funcionamiento de 72 V c.c. para las temperaturas en las que se vaya a utilizar el cableado.

### Atenuación de apantallamiento

La atenuación de apantallamiento debe cumplir los límites de la tabla 50, lo cual se consigue mediante la elección correcta de cables y conectores.



Frecuencia MHz	Mínima atenuación de apantallamiento dB	
	CEM Clase A	CEM Clase B
$30 \leq f < 300$	85'0	75'0
$300 \leq f < 470$	80'0	75'0
$470 \leq f < 1000$	75'0	65'0
$1000 \leq f \leq 3000$	55'0	50'0
NOTA Los límites de CEM Clase A y CEM Clase B se corresponden con la tabla 10 de la Norma EN 50083-2:2006		

Tabla 50. Límites de atenuación de apantallamiento para canal

### **Prestaciones de canales de cableado de fibra óptica**

#### **Generalidades**

Dependiendo de la Clase a la que pertenezca un cableado, podrá soportar unas aplicaciones u otras. Estas aplicaciones aparecen en el Anexo F de la norma EN 50173-1. Las aplicaciones a las que se hace referencia a continuación son las de dicho anexo. Las Clases de cableado de fibra óptica son:

- Los canales de Clase OF-25: Soportan las aplicaciones que usan cable de fibra óptica plástica para un mínimo de 25 metros.
- Los canales de Clase OF-50: Soportan las aplicaciones que usan cable de fibra óptica plástica para un mínimo de 50 metros.
- Los canales de Clase OF-100: Soportan las aplicaciones que usan cable de fibra óptica plástica o cable de fibra óptica de núcleo de silicio con cubierta plástica para un mínimo de 100 metros.
- Los canales de Clase OF-200: Soportan las aplicaciones que usan cable de fibra óptica plástica o cable de fibra óptica de núcleo de silicio con cubierta plástica para un mínimo de 200 metros.
- Los canales de Clase OF-300: Soportan las aplicaciones que usan cable de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio para un mínimo de 300 metros.
- Los canales de Clase OF-500: Soportan las aplicaciones que usan cable de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio para un mínimo de 500 metros.
- Los canales de Clase OF-2000: Soportan las aplicaciones que usan cable de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio para un mínimo de 2000 metros.

- Los canales de Clase OF-5000: Soportan las aplicaciones que usan cable de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio para un mínimo de 5000 metros.
- Los canales de Clase OF-10000: Soportan las aplicaciones que usan cable de fibra óptica con núcleo y cubierta de silicio para un mínimo de 10000 metros.

No existen requisitos especiales para cableado genérico que estén relacionados con la multiplexación de longitud de onda. Todo el hardware específico a la aplicación para multiplexación de longitud de onda está instalado de forma interna en, o asociado con, equipos de transmisión y/o terminales.

En el sistema de cableado que se va a diseñar, el cableado de fibra óptica debe estar basado en la Clase OF-300, como se verá en la Memoria. A continuación se verán dos parámetros a tener en cuenta en el cableado de fibra óptica, los cuales son la atenuación de canal y el retardo de propagación.

### **Atenuación de canal**

La atenuación de canal se corresponde a la diferencia entre la potencia de la señal inyectada en la entrada y la potencia de la señal que se obtiene a la salida. La atenuación depende de la frecuencia de la señal, de manera que cuanto mayor sea la frecuencia, mayor será la atenuación que se produzca al recorrer el medio de transmisión.

La atenuación de canal debe cumplir los límites de la tabla 51 y se debe medir de acuerdo con la Norma EN 50346.

Además, los métodos de ensayo han sido desarrollados para sistemas de conexión de fibra óptica convencionales que están formados por dos conectores y un adaptador. Sin embargo, hay casos en los que dichos métodos no sirven para conectores pequeños formados por un conector macho y uno hembra.

La atenuación de canal a una longitud de onda específica no debe sobrepasar la suma de las atenuaciones especificadas para los componentes a dicha longitud de onda.

A continuación se verán premisas relacionadas con la atenuación total del hardware de conexión en los canales:

- OF-25, OF-50, OF-100 y OF-200: Los valores de la tabla 51 se basan en una asignación total de 3'0 dB para las conexiones. Se pueden usar conectores adicionales y empalmes cuando la potencia prevista de la aplicación lo permita.
- OF-300, OF-500 y OF-2000: Los valores de la tabla 51 se basan en una asignación total de 1'5 dB para las conexiones. Se pueden usar conectores adicionales y empalmes cuando la potencia prevista de la aplicación lo permita.
- OF-5000 y OF-10000: Los valores de la tabla 51 se basan en una asignación total de 2'0 dB para las conexiones. Se pueden usar conectores adicionales y empalmes cuando la potencia prevista de la aplicación lo permita.

Clase	Construidos a partir de tipos de fibra óptica del apartado 7.7 de la norma EN-50173-1	Máxima atenuación de canal dB				
		Multimodo			Monomodo	
		650 nm	850 nm	1300 nm	1310 nm	1550 nm
OF-25	OP1, OP2	8'00 <sup>a</sup>	4'00 <sup>a, b</sup>	4'00 <sup>a, b</sup>	-	-
OF-50	OP1, OP2	13'00 <sup>a</sup>	5'00 <sup>a, b</sup>	5'00 <sup>a, b</sup>	-	-
OF-100	OP1, OP2, OH1	23'00 <sup>a</sup>	7'00 <sup>a, b</sup>	7'00 <sup>a, b</sup>	-	-
OF-200	OP2, OH1	23'0 <sup>a</sup>	11'0 <sup>a</sup>	11'0 <sup>a</sup>	-	-
OF-300	OM1, OM2, OM3, OS1, OS2	-	2'55	1'95	1'80	1'80
OF-500	OM1, OM2, OM3, OS1, OS2	-	3'25	2'25	2'00	2'00
OF-2000	OM1, OM2, OM3, OS1, OS2	-	8'50	4'50	3'50	3'50
OF-5000	OS1, OS2	-	-	-	4'00	4'00
OF-10000	OS1, OS2	-	-	-	6'00	6'00
<sup>a</sup> Medido bajo distribución modal de equilibrio						
<sup>b</sup> No aplicable para canales implementados que utilicen OP1 del capítulo 7 de la norma EN 50173-1						

Tabla 51. Límites de atenuación para configuración de canal de cableado de fibra óptica

### Retardo de propagación

El retardo de propagación es el tiempo que tarda una señal en viajar desde el emisor hasta el receptor a través del medio.

Para algunas aplicaciones es necesario saber el retardo de los canales de fibra, así como la distancia. El retardo de propagación se puede calcular en base a las prestaciones del cable.

### 2.4.3. Referencias de implementación en edificios de oficina

#### Generalidades

En este capítulo se estudiarán las implementaciones del cableado genérico. Dichas referencias de implementación cumplen los requisitos del capítulo 4. Además, cuando se instala siguiendo la serie de Normas EN 50174, se deben cumplir los requisitos de prestaciones de canal del apartado “Prestaciones de transmisión”, estando sujetas a las clasificaciones ambientales del subapartado “Prestaciones ambientales” dentro del apartado “Prestaciones de canal en edificios de oficina”

La integridad de las prestaciones de los componentes del cableado se asegura usando un diseño que garantice la compatibilidad entre dichos componentes, así como siguiendo la Norma EN 50174-1.

## Cableado balanceado

### Generalidades

Los componentes de cableado balanceado que se verán en capítulos posteriores se definen dependiendo de la Categoría.

Estas implementaciones están basadas en las prestaciones que presentan los componentes a 20 °C.

### Cableado horizontal

#### Selección de los componentes

Esta selección depende de la Clase de aplicaciones que tenga que soportar el cableado.

Dependiendo de la Categoría de los componentes se tiene lo siguiente:

- Los componentes de Categoría 5 proporcionan prestaciones de cableado balanceado de Clase D.
- Los componentes de Categoría 6 proporcionan prestaciones de cableado balanceado de Clase E.
- Los componentes de Categoría 7 proporcionan prestaciones de cableado de Clase F.

Los cables y conexiones que sean de distintas Categorías se pueden mezclar dentro de un canal. En ese caso, las prestaciones del cableado resultante vienen determinadas por la Categoría del componente cuyas prestaciones sean inferiores.

#### Dimensiones

A continuación se mostrarán a través de figuras varios modelos de cableado horizontal.

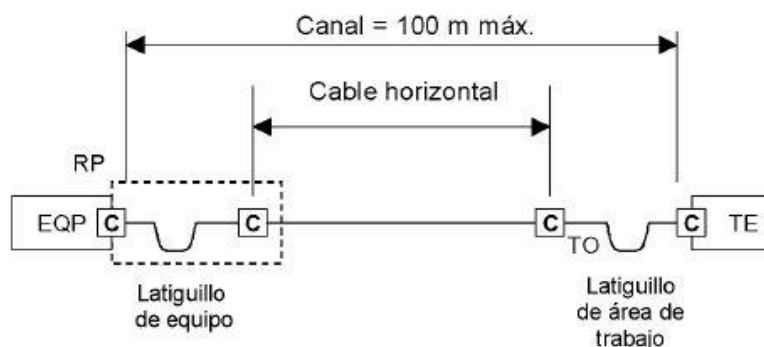


Figura 22. Modelo Interconexión – TO

En la figura 22 se tiene un canal en el que sólo hay una interconexión y una toma de telecomunicaciones o una MUTO.

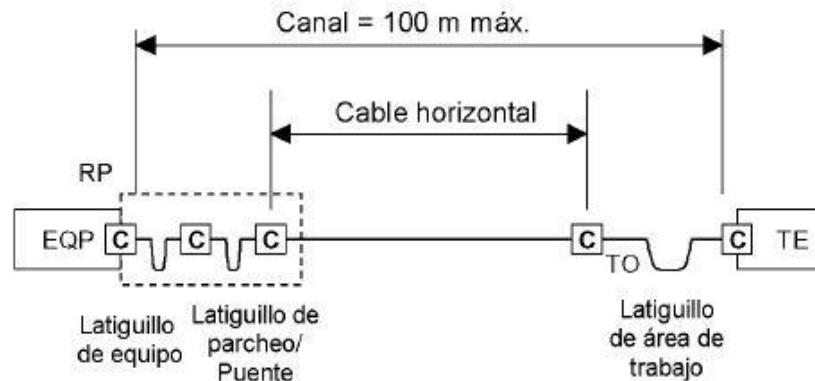


Figura 23. Modelo Conexión cruzada – TO

En la figura 23 se tiene una conexión adicional a la figura 22 a modo de conexión cruzada. Tanto en la figura 22 como en la figura 23 el cable horizontal conecta el repartidor de planta con la toma de telecomunicaciones. El canal incluye latiguillos de parcheo, de equipo y de trabajo. En este apartado, los puentes son tratados como latiguillos en vez de latiguillos de parcheo.

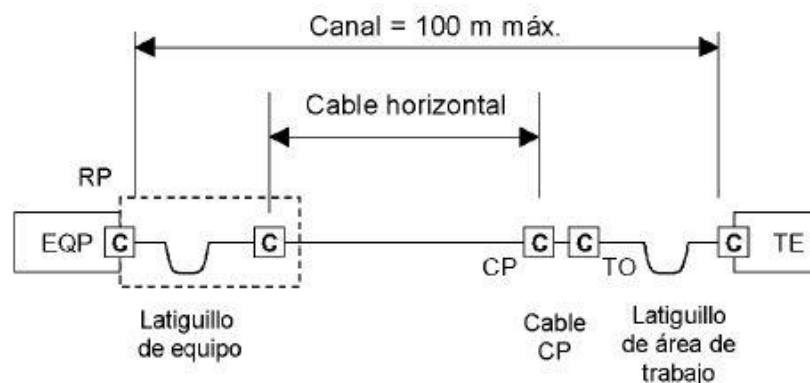


Figura 24. Modelo interconexión – CP – TO

En la figura 24 se tiene un canal que contiene una interconexión, un punto de consolidación y una toma de telecomunicaciones.

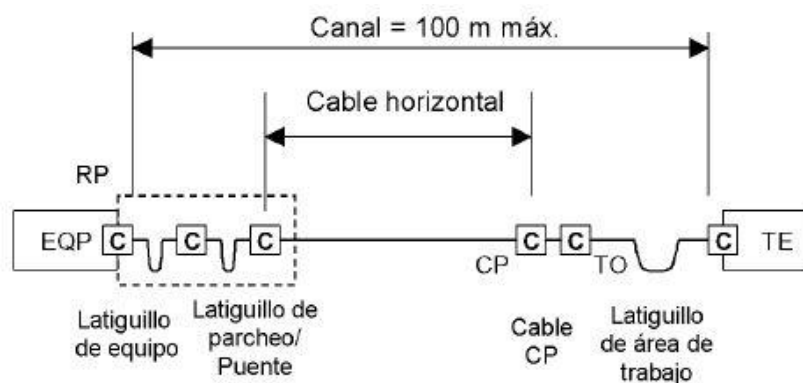


Figura 25. Modelos de cableado horizontal

En la figura 25 se tiene una conexión adicional a la figura 24 a modo de conexión cruzada. Tanto en la figura 24 como en la figura 25 el cable horizontal conecta el repartidor de planta con el punto de consolidación. El canal incluye latiguillos de parcheo, de equipo y de trabajo. En este apartado, los puentes son tratados como latiguillos en vez de latiguillos de parcheo.

Además, los canales de las figuras 24 y 25 contienen un cable CP, cuyas pérdidas de inserción pueden ser distintas de la especificación de los cables horizontal y flexible.

Para calcular la longitud de los cables que se usan en un canal se usan las ecuaciones de la tabla 52. En esta tabla se asume que:

- Las pérdidas de inserción del cable flexible que se usa en los latiguillos es mayor que la del cable horizontal.
- La especificación de pérdidas de inserción es común en los cables que se usan en los latiguillos.

Las implementaciones están basadas en las prestaciones de componentes cuando se trabaja a 20 °C. El efecto de la temperatura en las prestaciones de los cables se tendrá en cuenta según lo que se indica en la tabla 52.

Se pueden aplicar varias restricciones:

- La longitud física del canal no debe ser de más de 100 metros.
- La longitud física del cable horizontal no debe ser de más de 90 metros. Es posible que sea necesario que esta distancia sea inferior dependiendo de la longitud de los cables CP, la longitud de los latiguillos que se usen y el número de conexiones.
- Cuando se utilice un conjunto MUTO, la longitud del latiguillo de área de trabajo no debe ser de más de 20 metros.
- Cuando se utilice un punto de consolidación, la longitud del cable horizontal no debe ser menor de 15 metros para reducir el efecto de las conexiones múltiples cercanas producido por el NEXT y las pérdidas de retorno.
- La longitud de los latiguillos de parcheo o puentes no debe ser mayor de 5 metros.

La longitud máxima que puede alcanzar el cable horizontal depende de la longitud total de los cables CP y latiguillos que se usen en el canal. Mientras que el cableado esté funcionando, es necesario implementar un sistema de gestión que garantice que los latiguillos y los cables CP que se usen para crear el canal cumplan con las reglas de diseño, ya sea para la planta, como para el edificio o la instalación.

Modelo	Figura	Ecuaciones modelo		
		Clase D	Clase E	Clase F
Interconexión – TO	22	$H = 109 - F \times X$	$H = 107 - 3^a - F \times X$	$H = 107 - 2^a - F \times X$
Conexión cruzada – TO	23	$H = 107 - F \times X$	$H = 106 - 3^a - F \times X$	$H = 106 - 3^a - F \times X$
Interconexión – CP–TO	24	$H = 107 - F \times X - C \times Y$	$H = 106 - 3^a - F \times X - C \times Y$	$H = 106 - 3^a - F \times X - C \times Y$
Conexión cruzada – CP–TO	25	$H = 105 - F \times X - C \times Y$	$H = 105 - 3^a - F \times X - C \times Y$	$H = 105 - 3^a - F \times X - C \times Y$
$H$ máxima longitud del cable horizontal (m). $F$ longitud combinada de latiguillos de parcheo, puentes, latiguillos de equipo y de área de trabajo (m). $C$ longitud del cable CP (m). $X$ relación entre las pérdidas de inserción del cable flexible (dB/m) y las pérdidas de inserción del cable horizontal (dB/m) $Y$ relación entre las pérdidas de inserción del cable CP (dB/m) y las pérdidas de inserción del cable horizontal (dB/m)				
<sup>a</sup> Esta reducción de longitud proporciona un margen distribuido para adaptar la desviación de las pérdidas de inserción.				
Para temperaturas operativas superiores a los 20 °C, $H$ debería reducirse a razón del 0,2% por °C para cables apantallados y del 0,4% por °C (de 20 °C a 40 °C) y del 0,6% por °C (> 40 °C a 60 °C) para cables no apantallados. Debe consultarse la información de los fabricantes/proveedores cuando la temperatura operativa prevista supere los 60 °C.				

Tabla 52. Ecuaciones de canal horizontal

### Cableado troncal

#### Selección de componentes

Los componentes de este tipo de cableado se elegirán según la longitud de los canales y la clase de aplicaciones que soportará el cableado.

#### Dimensiones

En la figura 26 se muestra un canal troncal con conexiones cruzadas en los dos extremos, lo cual es el peor caso de configuración posible para dicho canal.

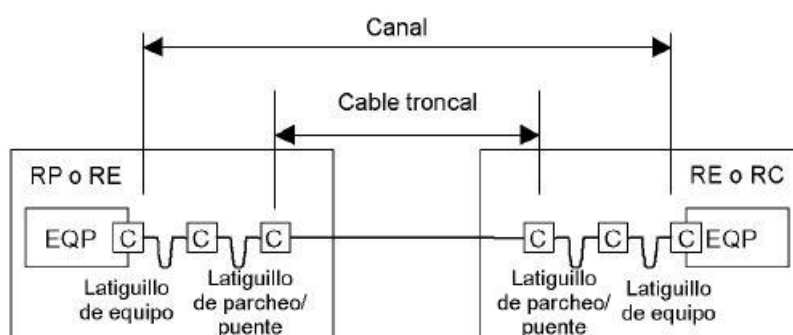


Figura 26. Modelo de cableado troncal

El canal de esta figura incorpora latiguillos de parcheo y de equipo. Sin embargo, en este apartado los puentes se tratarán todos como latiguillos.

Se debe tener en cuenta que:

- El cable flexible por el que están compuestos los latiguillos tiene mayor pérdida de inserción que el cable que se usa como cableado troncal fijo.
- El cable de los latiguillos del canal tiene especificaciones comunes de pérdidas de inserción.

Para adaptar las mayores pérdidas de inserción de los cables que se usan en los latiguillos, la longitud de los cables dentro de un canal de una Clase concreta se debe calcular usando las ecuaciones de la tabla 53.

Categoría del componente	Clase <sup>a</sup>					
	A	B	C	D	E	F
5	2 000	$B = 250 - F \times X$	$B = 170 - F \times X$	$B = 105 - F \times X$	–	–
6	2 000	$B = 260 - F \times X$	$B = 185 - F \times X$	$B = 111 - F \times X$	$B = 105 - 3^b - F \times X$	–
7	2 000	$B = 260 - F \times X$	$B = 190 - F \times X$	$B = 115 - F \times X$	$B = 107 - 3^b - F \times X$	$B = 105 - 3^b - F \times X$
B longitud del cable troncal fijo (m).						
F longitud combinada de puentes, latiguillos de parcheo y latiguillos de equipo (m).						
X relación entre las pérdidas de inserción del cable flexible (dB/m) y la del cable troncal fijo (dB/m)						
<sup>a</sup> Es posible que no se soporten aplicaciones limitadas por el retardo de propagación o el retardo diferencial si la longitud de canal supera los 100 m.						
<sup>b</sup> Esta reducción de longitud tiene por objetivo proporcionar un margen para la desviación de las pérdidas de inserción.						
Cuando los canales contienen un número diferente de conexiones respecto al modelo mostrado en la figura 4, la longitud de cable fijo debe reducirse (si hay más conexiones) o puede incrementarse (si hay menos conexiones) a razón de 2 m por conexiones para cableado de Categoría 5 y 1 m por conexiones para componentes de Categorías 6 y 7. Adicionalmente deberían verificarse las prestaciones de NEXT, pérdidas de retorno y ELFEXT.						
Para temperaturas operativas por encima de 20 °C, B debería reducirse en un 0,2% por °C para cables apantallados y en un 0,4% por °C (de 20 °C a 40 °C) y en un 0,6% por °C (>40 °C hasta 60 °C) para cables no apantallados. Debe consultarse la información del fabricante/proveedor cuando se pretenda que la temperatura de funcionamiento supere los 60 °C.						

Tabla 53. Ecuaciones de canal troncal.

Si se utilizan cuatro conexiones dentro del canal, la longitud física del cable troncal debe ser mayor o igual a 15 metros.

La longitud máxima del cable troncal dependerá de la suma de la longitud de los latiguillos por los que esté compuesto el canal. Además, para asegurar que los latiguillos utilizados cumplen las reglas de diseño, se debe implementar un sistema de gestión.

## Cableado de fibra óptica

### Generalidades

Las fibras ópticas se definen en términos de construcción física y de su Categoría de prestaciones de transmisión en un cable. La construcción física tiene en cuenta su diámetro de núcleo y su revestimiento. En cada canal, las fibras ópticas que se utilicen deben tener las mismas especificaciones de construcción física y deben ser de la misma Categoría. En el caso de que esto no se cumpla y se usen más de una construcción física o Categoría, se debe marcar para así poder identificar sin errores los tipos de cableado.



## Selección de componentes

Para seleccionar los componentes de fibra óptica se deben tener en cuenta la longitud del canal y las aplicaciones a soportar.

## Dimensiones

Se debe tener en cuenta que las conexiones cruzadas pueden contener empalmes reutilizables. Además, los sistemas de conexión que se usan a la hora de terminar el cableado óptico fijo pueden contener conexiones acopladas, así como empalmes.

Categoría de cable de fibra óptica	Clase	Ecuaciones de implementación		Longitud Máxima m
		Longitud de onda		
Multimodo		850 nm	1 300 nm	
OM1/OM2/OM3	OF-300	$L = 735 - 214 \times x - 90 \times y$	$L = 1\,300 - 500 \times x - 200 \times y$	300
	OF-500	$L = 935 - 214 \times x - 90 \times y$	$L = 1\,500 - 500 \times x - 200 \times y$	500
	OF-2000	$L = 2\,435 - 214 \times x - 90 \times y$	$L = 3\,000 - 500 \times x - 200 \times y$	2 000
Monomodo		1 310 nm	1 550 nm	
OS1	OF-300	$L = 1\,800 - 750 \times x - 300 \times y$	$L = 1\,800 - 750 \times x - 300 \times y$	300
	OF-500	$L = 2\,000 - 750 \times x - 300 \times y$	$L = 2\,000 - 750 \times x - 300 \times y$	500
	OF-2000	$L = 3\,500 - 750 \times x - 300 \times y$	$L = 3\,500 - 750 \times x - 300 \times y$	2 000
OS2	OF-300	$L = 4\,500 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	$L = 4\,500 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	300
	OF-500	$L = 5\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	$L = 5\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	500
	OF-2000	$L = 8\,750 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	$L = 8\,750 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	2 000
	OF-5000	$L = 10\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	$L = 10\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	5 000
	OF-10000	$L = 15\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	$L = 15\,000 - 1\,875 \times x - 750 \times y$	10 000

$L$  = la longitud del canal (m);  
 $x$  = número total de conexiones acopladas en el canal;  
 $y$  = número total de empalmes en el canal.

Tabla 54. Ecuaciones de longitud de configuración de canal para cableado de fibra óptica.

La longitud del canal se calculará usando las ecuaciones de la tabla 54 para adecuar las conexiones acopladas y los empalmes de los cables usados en un canal de una Clase concreta.

Si las máximas pérdidas de inserción del canal lo permiten, se pueden usar conexiones adicionales.

Los modelos que se estudiaron a través de las figuras 22, 23, 24 y 25 en el apartado de cableado horizontal son aplicables a la fibra óptica.

Conseguir que la fibra óptica llegue hasta la toma de telecomunicaciones, por lo general, no requiere que se use equipo de transmisión en el repartidor de planta. Debido a esto, se pueden crear combinaciones de canales troncal/horizontal, los cuales se verán a continuación en las figuras 27, 28 y 29.

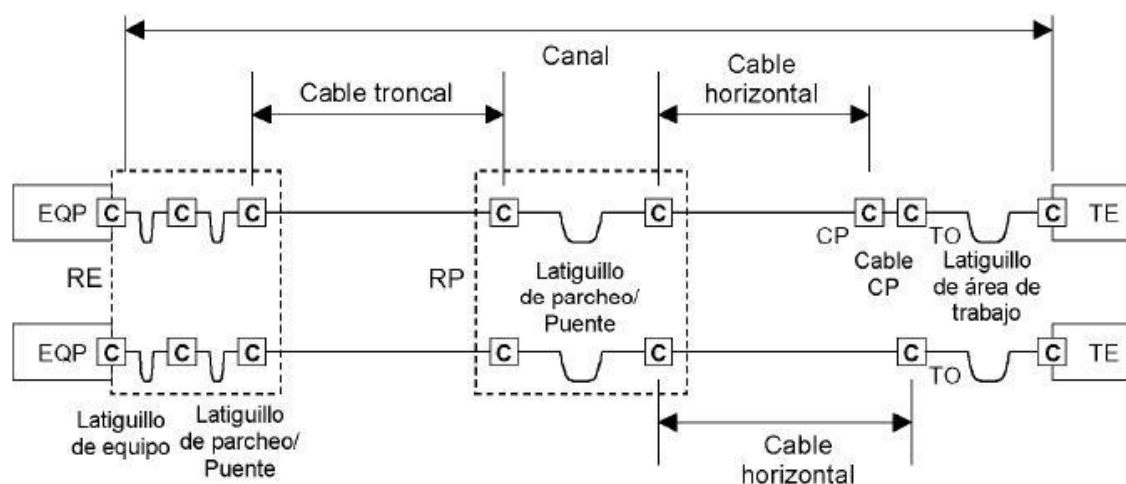


Figura 27. Canal “parcheado” combinado

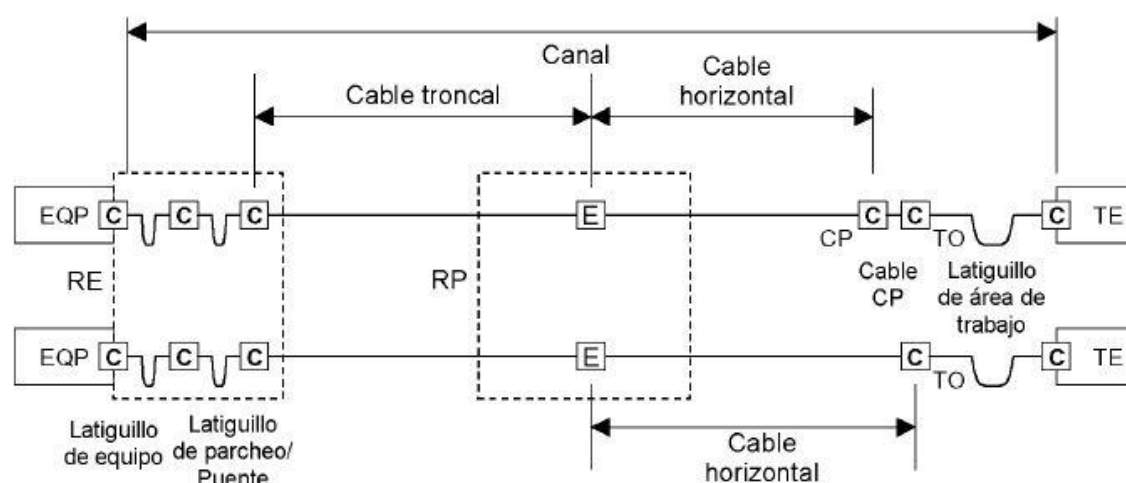


Figura 28. Canal “empalmado” combinado

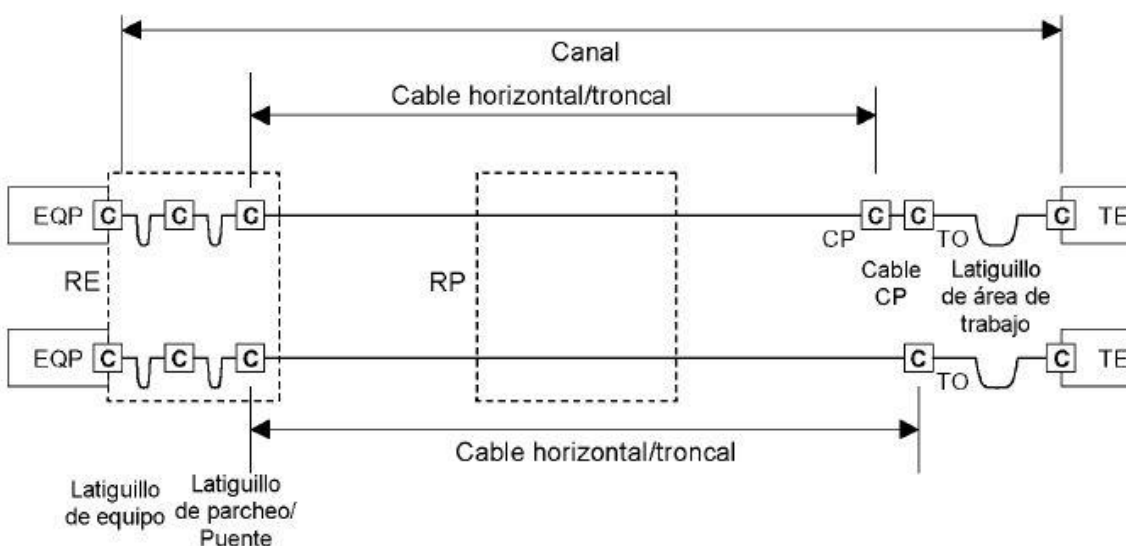


Figura 29. Canal “directo” combinado

Cuando se usen de forma permanente canales empalmados y directos para hacer que la atenuación del canal se reduzca y/o para centralizar la distribución de las aplicaciones, se producirá una reducción de la flexibilidad global del cableado genérico.

## 2.4.4. Requisitos de cable en edificios de oficinas

### Generalidades

En este capítulo se estudiarán los requisitos mínimos para:

- Los cables que se encuentran instalados en los subsistemas de cableado troncal y horizontal, como se especifica en las referencias de implementación.
- Los cables balanceados flexibles que se tengan que ensamblar como latiguillos de la forma especificada en el apartado 2.4.6. y utilizados en las referencias de implementación del apartado 2.4.3.
- Los cables balanceados o elementos de cable que se vaya a usar como puentes.

Los cables balanceados deben cumplir la Norma genérica EN 50288-1, junto a sus especificaciones parciales. Por otra parte, los cables coaxiales deben cumplir la Norma genérica EN 50177-1 y sus especificaciones parciales. Del mismo modo, los cables de fibra óptica deben cumplir la Norma genérica EN 60794-1-1 y las especificaciones parciales.

Se presupone que todos los elementos de cable de un mismo cable poseen la misma categoría de prestaciones.

### Entorno operativo

En cada grupo M, I, C o E la clasificación de un entorno dado se determinará a través del parámetro más exigente del grupo M, I, C o E. Por otra parte, los componentes se elegirán dependiendo de las exigencias específicas de cada parámetro del grupo M, I, C o E, las cuales pueden ser menos exigentes que la clasificación general del grupo.

Hay que tener en cuenta que, por lo general, ni la conformidad con los límites y los métodos de análisis especificados, ni las especificaciones de producto referenciadas, pueden garantizar las prestaciones cuando se vean sometidas de forma simultánea a toda la gama de condiciones ambientales de una clasificación ambiental.

Se acepta que si todos los componentes de un canal cumplen los requisitos de la clasificación  $M_1I_1C_1E_1$ , se conseguirán las prestaciones de transmisión en un entorno  $M_1I_1C_1E_1$  que esté basado en un enfoque estadístico de los modelos de prestaciones.

El proveedor tendría que indicar las prestaciones funcionales de mantenimiento cuando se trabaja bajo distintas combinaciones de condiciones ambientales. Además, tanto el cliente como el proveedor deben coincidir en que el producto es capaz de mantener las prestaciones funcionales cuando trabaja en combinaciones específicas de condiciones ambientales.

### Cables balanceados de las Categorías 5, 6 y 7

En la Norma genérica EN 50288-1 se tienen los requisitos mecánicos y eléctricos de los cables que cumplen los requisitos mínimos para soportar las prestaciones de transmisión

de las clases A, B, C, D, E, F y BCTB. Se pueden encontrar especificaciones más detalladas en la Norma EN 50288, las cuales se usan para especificar los requisitos de las prestaciones del cable cuando se trabaje bajo las clasificaciones ambientales de la tabla 31.

### **Cables de fibra óptica**

En la norma EN 50173-1 se tienen los requisitos de distintas clases de fibra óptica.

### **Retardo de propagación**

Se puede utilizar un valor de conversión conservador de retardo de propagación unitario de 5'00 ns/m para todas las Categorías de fibra óptica. Además, dicho valor se puede usar para calcular el retardo de propagación de canal sin verificación.

### **Marcado**

Con el objetivo de poder identificar en todo momento las fibras ópticas utilizadas, la categoría de las fibras del interior del cable debe aparecer en la cubierta del mismo.

## **2.4.5. Requisitos del hardware de conexión en edificios de oficina**

### **Requisitos generales**

En este capítulo se definirán los requisitos mínimos para el hardware de conexión instalados en los subsistemas de cableado genérico.

Se entiende como hardware de conexión como un dispositivo o una combinación de dispositivos utilizados para conectar cables o elementos de un cable. Esta norma incluye las prestaciones mínimas del hardware de conexión acoplado como parte de un canal. Los requisitos de prestaciones no incluyen los efectos producidos por los puentes de las conexiones cruzadas o los latiguillos. Los requisitos de los latiguillos se verán en el apartado 2.4.6.

Con el objetivo de cumplir la clasificación ambiental indicada en el subapartado “Prestaciones ambientales” dentro del apartado “Prestaciones de canal en edificios de oficina”, se tiene que poder proteger el hardware de conexión cuando no esté acoplado. Esto se puede realizar mediante inserciones ciegas, tapas de protección o alojamientos globales de la conexión o de las conexiones.

Cuando una caja de protección impida la identificación del tipo de hardware de conexión, dicha caja se tiene que marcar o ser identificada mediante colores.

Si se da el caso en el que se reordenaran los pares en una toma de telecomunicaciones, no debería haber cambios en las terminaciones del cable. Si se produce la reordenación, la configuración de las terminaciones de la toma se debe identificar con claridad.

## Localización

El hardware de conexión se instala en los siguientes lugares:

- Repartidor de campus, de forma que se permitan conexiones con el cableado troncal de edificio, el cableado troncal de campus y el equipamiento, si se proporciona.
- Repartidor de edificio, de forma que se permitan conexiones con el cableado troncal y con el equipamiento, si se proporciona.
- Repartidor de planta, de forma que se proporcionen las conexiones cruzadas y se permitan las conexiones con el equipamiento, si se proporciona.
- Otras localizaciones especificadas en la serie de Normas EN 50173.
- Acometida de acceso al edificio.

## Diseño

El hardware de conexión, además de su propósito principal, debería diseñarse para proporcionar:

- Medios para identificar el cableado para su instalación y administración, siguiendo la Norma EN 50174-1.
- Medios para permitir la gestión ordenada del cable.
- Medios de acceder a verificar o monitorizar el cableado y los equipos activos.
- Protección contra daños físicos y paso de contaminantes que pueden afectar a sus prestaciones.
- Una densidad de terminación que sea eficiente espacialmente y que facilite la gestión del cable y la administración del sistema de cableado.
- Medios para llevar a cabo los requisitos de apantallamiento y puesta a tierra, en el caso de que sea necesario.

## Entorno operativo

### ▪ Generalidades

En cada grupo M, I, C o E la clasificación de un entorno dado se determinará a través del parámetro más exigente del grupo M, I, C o E. Por otra parte, los componentes se elegirán dependiendo de las exigencias específicas de cada parámetro del grupo M, I, C o E, las cuales pueden ser menos exigentes que la clasificación general del grupo.

Hay que tener en cuenta que, por lo general, ni la conformidad con los límites y los métodos de análisis especificados, ni las especificaciones de producto referenciadas, pueden garantizar las prestaciones cuando se vean sometidas de forma simultánea a toda la gama de condiciones ambientales de una clasificación ambiental.

Se acepta que si todos los componentes de un canal cumplen los requisitos de la clasificación  $M_1I_1C_1E_1$ , se conseguirán las prestaciones de transmisión en un entorno  $M_1I_1C_1E_1$  que esté basado en un enfoque estadístico de los modelos de prestaciones.

El proveedor tendría que indicar las prestaciones funcionales de mantenimiento cuando se trabaja bajo distintas combinaciones de condiciones ambientales. Además, tanto el cliente como el proveedor deben coincidir en que el producto es capaz de mantener las prestaciones funcionales cuando trabaja en combinaciones específicas de condiciones ambientales.

#### ▪ Hardware de conexión para cableado balanceado

El hardware de conexión para cableado balanceado tiene que cumplir los requisitos de prestaciones mecánicas, así como de transmisión de los apartados “Hardware de conexión de Categoría 5, 6 y 7 para cableado balanceado” y “Hardware de conexión” de acuerdo con la serie de Normas EN 60603-7.

#### ▪ Hardware de conexión para cableado de fibra óptica

El hardware de conexión para cableado de fibra óptica tiene que cumplir los requisitos de prestaciones mecánicas, así como de transmisión del apartado “Hardware de conexión de fibra óptica”, que se verá más adelante.

### Montaje

El diseño del hardware de conexión debe proporcionar flexibilidad de montaje en cajas, según lo indicado en la Norma EN 50174-1.

### Ejecución de la instalación

La ejecución de la instalación debe seguir las Normas EN 50174-1, EN 50174-2 y EN 50174-3.

### Marcado y código de colores

Para poder mantener conexiones punto a punto coherentes y correctas, se tienen que fijar los medios para asegurar que las terminaciones están localizadas de forma correcta con respecto a las posiciones del conector y a sus elementos de cable. Dichos medios pueden usar colores, identificadores alfanuméricos u otros medios diseñados con el objetivo de asegurar que los cables están conectados coherentemente en todo el sistema. Para más información sobre este tema, se puede consultar la Norma 50174-1.

## Hardware de conexión de Categorías 5, 6 y 7 para cableado balanceado

### Requisitos generales

En el caso que nos ocupa, el cual se trata de edificios de oficina, el cableado a utilizar va a ser de categoría 5, 6 o 7.

Cuando un conector del tipo conexión sin soldadura se usa para terminar directamente elementos de cable debe cumplir los requisitos que se muestran en la Norma EN 60352. Por otra parte, para cableado apantallado el hardware de conexión utilizado debe cumplir los requisitos de la serie de Normas EN 50174.

Se tendría que solicitar a los proveedores la garantía de que los componentes que van a formar el hardware de conexión cumplen los requisitos eléctricos y mecánicos.

### Marcado de prestaciones

El hardware de conexión que se vaya a utilizar en el cableado balanceado debe marcarse para designar sus prestaciones de transmisión. Dicho marcado, en caso de producirse, tiene que ser visible durante la instalación.

### Características del hardware de conexión

Tanto los conectores machos como los hembras interconectables deben ser compatibles con las Categorías de prestaciones inferiores. Además, la compatibilidad con la base instalada conlleva que las conexiones acopladas donde machos y hembras pertenecen a una Categoría distinta deben cumplir los requisitos del componente de Categoría inferior. En la tabla 55 se tiene la matriz de prestaciones de conectores modulares acoplados que sirve para representar la conectividad compatible con la base instalada.

Macho/latiguillo modular	Categoría del conector modular (TT)		
	Categoría 5	Categoría 6	Categoría 7
Categoría 5	Categoría 5	Categoría 5	Categoría 5
Categoría 6	Categoría 5	Categoría 6	Categoría 6
Categoría 7	Categoría 5	Categoría 6	Categoría 7

Tabla 55. Matriz de compatibilidad

## Hardware de conexión de fibra óptica

### Fibra óptica de cubierta y núcleo de silicio

#### Requisitos generales

Los requisitos que se van a ver en los dos apartados siguientes, llamados “Marcado y código de colores” y “Características mecánicas y ópticas” se aplican a todo el hardware

de conexión usado para proporcionar conexiones entre cables de fibra óptica. Dichos requisitos se aplican para cualquier subsistema de cableado de la serie de Normas EN 50173. Además, los puertos ópticos deben cumplir los requisitos de seguridad de la Norma EN 60825-2.

Será el proveedor del hardware quien se encargue de que los requisitos mecánicos y eléctricos se cumplan.

### **Marcado y código de colores**

Con el objetivo de evitar conexiones accidentales de diferentes tipos de fibra y/o categorías de fibra, se tendría que usar una codificación de adaptadores y conectores, como puede ser diferenciarlos por colores. Es necesario mantener una polaridad correcta de las conexiones dúplex de fibra óptica a través del sistema de cableado mediante enchavetado físico, etiquetado o ambos.

En algunas normas de hardware de conexión diferencian los tipos de producto a través de los colores utilizados. Un ejemplo de ello es el código de colores que se aplica a los conectores SC dúplex en la Norma IEC 60874-19-1 SC, la cual dice lo siguiente:

Multimodo: beige o negro

Monomodo (contacto físico, PC): azul

Monomodo (contacto físico en ángulo): verde

Estos marcados son adicionales, por lo que no sustituyen a otros identificadores especificados en la Norma EN 50174-1, ni a los que sean necesarios por códigos o legislaciones locales.

### **Características mecánicas y ópticas**

El hardware de conexión se puede elegir de entre todos los tipos de conectores de fibra óptica normalizados por IEC o por CENELEC. Si se tiene un sistema con una densidad alta, es recomendable usar los conectores SFF, los cuales disponen de un mínimo de dos fibras en el mismo espacio que un conector de la serie de Normas EN 60603-7.

### **Hardware de conexión de acuerdo con la serie de Normas EN 60603-7**

La Norma de la serie de Normas EN 60603-7 que debe seguir cada Categoría se resume en la tabla 56.

Categoría	Norma
Categoría 5 no apantallada	Norma EN 60603-7-2
Categoría 5 apantallada	Norma EN 60603-7-3



Categoría 6 no apantallada	Norma EN 60603-7-4
Categoría 6 apantallada	Norma EN 60603-7-5
Categoría 7	Norma EN 60603-7-7

Tabla 56. Hardware de conexión según la serie de Normas EN 60603-7

Además, la asignación de los pines y grupos de pares se debe hacer como se muestra en las figuras 30 y 31. Hay que tener en cuenta que en las Categorías 7 y BCT-B la asignación de los pines 3', 4', 5' y 6' corresponde a 3, 4, 5 y 6 para las Categorías 5 y 6.

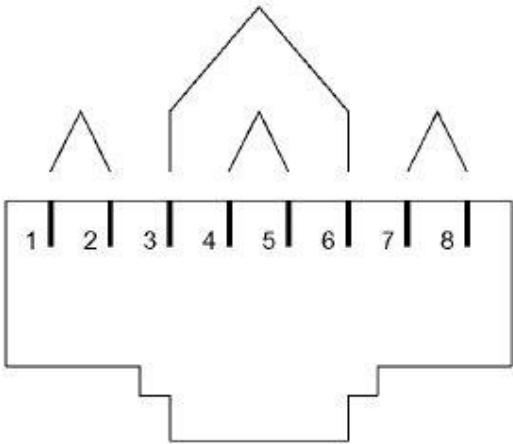


Figura 30. Interfaces de acuerdo con la serie de Normas EN 60603-7 excepto la Norma EN 60603-7-7

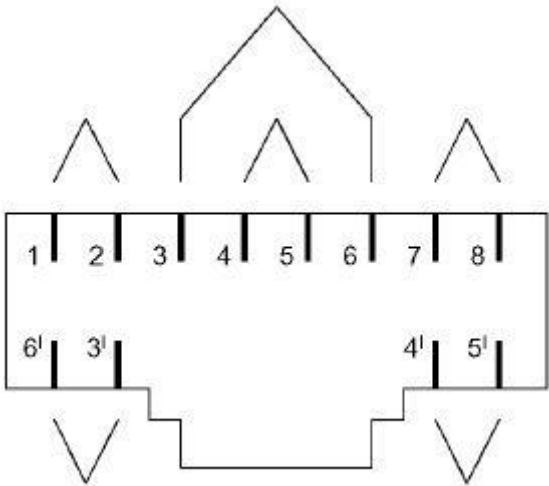


Figura 31. Interfaz de acuerdo con la Norma EN 60603-7-7

**Hardware de conexión de acuerdo con la Norma EN 61076-3-104**

Las asignaciones de los pines y grupos de pares se deben hacer como se muestra en la figura 32. Hay que tener en cuenta que las designaciones de pin se corresponden con las del interfaz de la serie de Normas EN 60603-7.

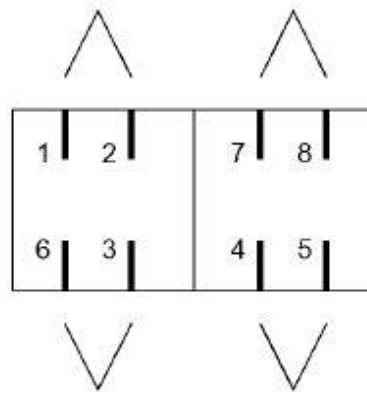


Figura 32. Vista frontal de las asignaciones de pines y grupos de pares del hardware de conexión según la Norma EN 61076-3-104

### 2.4.6. Requisitos para latiguillos y puentes en edificios de oficinas

#### Generalidades

Las prestaciones de los latiguillos y los puentes determinan las prestaciones de los canales. Los cambios, ampliaciones y movimientos realizados usando latiguillos y puentes representan un riesgo mayor en las prestaciones operativas del canal que el causado por los cables horizontales o troncales instalados.

El hecho de usar cables y hardware de conexión apropiados para utilizarlos cuando se someten a ciertas condiciones ambientales no puede asegurar que los latiguillos cumplan las prestaciones de transmisión aplicables al trabajar bajo las mismas condiciones ambientales.

#### Entorno operativo

En cada grupo M, I, C o E la clasificación de un entorno dado se determinará a través del parámetro más exigente del grupo M, I, C o E. Por otra parte, los componentes se elegirán dependiendo de las exigencias específicas de cada parámetro del grupo M, I, C o E, las cuales pueden ser menos exigentes que la clasificación general del grupo.

Hay que tener en cuenta que, por lo general, ni la conformidad con los límites y los métodos de análisis especificados, ni las especificaciones de producto referenciadas, pueden garantizar las prestaciones cuando se vean sometidas de forma simultánea a toda la gama de condiciones ambientales de una clasificación ambiental.

Se acepta que si todos los componentes de un canal cumplen los requisitos de la clasificación  $M_1I_1C_1E_1$ , se conseguirán las prestaciones de transmisión en un entorno  $M_1I_1C_1E_1$  que esté basado en un enfoque estadístico de los modelos de prestaciones.

El proveedor tendría que indicar las prestaciones funcionales de mantenimiento cuando se trabaja bajo distintas combinaciones de condiciones ambientales. Además, tanto el cliente como el proveedor deben coincidir en que el producto es capaz de mantener las

prestaciones funcionales cuando trabaja en combinaciones específicas de condiciones ambientales.

## **Latiguillos balanceados**

### **Generalidades**

A la hora de montar un latiguillo, se debe hacer de acuerdo al apartado 2.4.4.

Todas las conexiones que se utilicen deben cumplir los requisitos del apartado “Requisitos del hardware de conexión”, excepto los conectores de equipos que se usen en los latiguillos.

Cuando los latiguillos no están prefabricados hay que tener en cuenta:

- El cable se tiene que ajustar a las conexiones siguiendo los procedimientos, además de usar las herramientas especificadas por el fabricante de los conectores.
- En el caso de trabajar con cables y conectores apantallados, la pantalla de dichos cables se conectará siguiendo las instrucciones de conexión del fabricante de los conectores.

Dependiendo del uso previsto de los latiguillos se realizarán las conexiones y las asignaciones de los pines interconectados. Tanto las conexiones como las asignaciones deben ser una extensión lógica del interfaz del cableado con la que se debe conectar.

### **Identificación**

La identificación de cada latiguillo debe incluir:

- La longitud.
- La relación de pérdidas de inserción del cable.
- La Categoría del cable.
- El mapa de pinaje cuando no exista una relación directa pin-a-pin, como, por ejemplo, en el caso de los latiguillos cruzados.

### **Requisitos de prestaciones ambientales para latiguillos de parcheo**

Se utilizarán cables balanceados de Categoría 5, 6 o 7 para los latiguillos de parcheo. Debido a que estos latiguillos estarán prefabricados, el proveedor deberá dar la información correspondiente a las prestaciones ambientales de los mismos.

### **Requisitos de prestaciones eléctricas para latiguillos de parcheo**

Debido a que los latiguillos estarán prefabricados, el proveedor deberá dar la información correspondiente a los requisitos de prestaciones eléctricas, en los cuales se

incluyen, entre otros: pérdidas de inserción, pérdidas de retorno y pérdidas de paradiafonía (NEXT).

## **Latiguillos de fibra óptica**

### **Requisitos generales**

En este apartado se verán los requisitos mínimos para latiguillos de fibra óptica que se utilicen para crear canales en edificios de oficina.

A la hora de montar un latiguillo, se debe hacer de acuerdo al apartado 2.4.4.

Todas las conexiones que se utilicen deben cumplir los requisitos del apartado “Requisitos del hardware de conexión”, excepto los conectores de equipos que se usen en los latiguillos.

Dependiendo del uso previsto de los latiguillos se realizarán las conexiones y se tendrán los medios para mantener la polaridad. Tanto las conexiones como los medios deben ser una extensión lógica del interfaz del cableado con la que se debe conectar.

### **Identificación**

La identificación de cada latiguillo debe incluir:

- La longitud.
- El diámetro del núcleo.
- La Categoría del cable.
- El mapa de puertos cuando no exista una relación directa puerto-a-puerto, como, por ejemplo, en el caso de los latiguillos cruzados.

### **Requisitos de prestaciones ambientales para latiguillos de parcheo**

Los requisitos de las prestaciones de los latiguillos se deben especificar bajo las clasificaciones de la tabla 31.

### **Latiguillos de fibra óptica de núcleo y cubierta de silicio**

El hardware de conexión que se utilice debe cumplir los requisitos del apartado “Requisitos del hardware de conexión”, excepto los conectores de equipos que se usen en los latiguillos. Además, el cable se tiene que ajustar a las conexiones usando los procedimientos y herramientas proporcionados por el fabricante de los conectores.

Dependiendo del uso previsto de los latiguillos se realizarán las conexiones y se tendrán los medios para mantener la polaridad. Tanto las conexiones como los medios deben ser una extensión lógica del interfaz del cableado con la que se debe conectar.

## **Puentes**

Para este apartado véase el apartado 2.4.4.

### **2.4.7. Aplicaciones soportadas**

#### **Aplicaciones soportadas por el cableado balanceado**

En este apartado se verán las aplicaciones soportadas por el cableado balanceado, aunque se pueden soportar otras aplicaciones que no serán mencionadas aquí.

Las aplicaciones de cableado balanceado están relacionadas con las Clases de prestaciones del canal que se especifican en el apartado 2.4.2. El cableado genérico es capaz de soportar transmisión óptica y eléctricamente balanceada gracias a su diseño.

En la tabla 57 se pueden ver aplicaciones ICT establecidas y emergentes, las cuales están definidas por las especificaciones internacionales, como pueden ser las Normas ISO/IEC.

En la tabla 58 se indica la asignación de pines usada por las aplicaciones soportadas por el cableado balanceado genérico de la tabla 57.

Aplicación	Especificación de Referencia	Fecha	Nombre adicional
<b>Clase A (definida hasta 100 kHz)</b>			
PBX	Requisitos Nacionales		
V.11	Rec. ITU-T V.11	1996	
X.21	Rec. ITU-T X.21	1992	
<b>Clase B (definida hasta 1 MHz)</b>			
S <sub>0</sub> -Bus (extendido)	Rec. ITU-T I.430	1993	RDSI Acceso Básico (Capa física)
S <sub>0</sub> Punto-a-Punto	Rec. ITU-T I.430	1993	RDSI Acceso Básico (Capa física)
S <sub>0</sub> en Estrella	Norma EN 50098-1 :1998/A1(ITU-T I.430)	2002	
S <sub>1</sub> /S <sub>2</sub>	Rec. ITU-T I.431	1993	RDSI Acceso Primario (Capa física)
<b>Clase C (definida hasta 16 MHz)</b>			
CSMA/CD 10Base-T	ISO/IEC 8802-3	1996	Ethernet
Token Ring 4 Mbit/s	ISO/IEC 8802-5	1998	
ATM LAN 25,60 Mbit/s	ATM Forum af-phy-0040.000	1995	ATM-25/Categoría 3
ATM LAN 51,84 Mbit/s	ATM Forum af-phy-0018.000	1994	ATM-52/Categoría 3
ATM LAN 155,52 Mbit/s	ATM Forum af-phy-0047.000	1995	ATM-155/Categoría 3
<b>Clase D (definida hasta 100 MHz)</b>			
CSMA/CD 100BASE-TX	ISO/IEC 8802-3	1997	Fast Ethernet
Token Ring 100 Mbit/s	ISO/IEC 8802-5	1999	Token Ring Alta velocidad
CSMA/CD 1000BASE-T	ISO/IEC 8802-3	1999	Gigabit Ethernet
Token Ring 16 Mbit/s	ISO/IEC 8802-5	1998	
ATM LAN 155,52 Mbit/s	MFA Forum af-phy-0015.000	1994	ATM-155/Categoría 5
Firewire 100 Mbit/s	IEEE 1394b	1999	Firewire/Categoría 5
<b>Clase E (definida hasta 250 MHz)</b>			
10GBASE-T <sup>a</sup>	IEEE 802.3an	2006	10 Gigabit Ethernet
ATM LAN 1,2 Gbit/s	MFA Forum af-phy-0162.000	2001	ATM-1200/Categoría 6
<b>Clase F (definida hasta 600 MHz)</b>			
10GBASE-T <sup>a</sup>	IEEE 802.3an	2006	10 Gigabit Ethernet
FC-100-TP	ISO/IEC 14165-114	2005	

<sup>a</sup> Se están especificando requisitos adicionales en Informe Técnico CLC/TR 50173-99-1.

Tabla 57. Aplicaciones ICT soportadas que usan cableado balanceado

Aplicación	Pines 1 y 2	Pines 3 y 6	Pines 4 y 5	Pines 7 y 8
<b>Aplicaciones Soportadas</b>				
PBX	Clase A <sup>a</sup>	Clase A <sup>a</sup>	Clase A	Clase A <sup>a</sup>
X.21		Clase A	Clase A	
V.11		Clase A	Clase A	
S <sub>0</sub> -Bus (extendido)	<sup>b</sup>	Clase B	Clase B	<sup>b</sup>
S <sub>0</sub> Punto-a-Punto	<sup>b</sup>	Clase B	Clase B	<sup>b</sup>
S <sub>1</sub> /S <sub>2</sub>	Clase B	<sup>c</sup>	Clase B	<sup>b</sup>
S <sub>0</sub> en Estrella	<sup>b</sup>	Clase B	Clase B	<sup>b</sup>
CSMA/CD 10BASE-T	Clase C	Clase C		
Token Ring 4 Mbit/s		Clase C	Clase C	
ATM-25,60 Categoría 3	Clase C			Clase C
ATM-51,84 Categoría 3	Clase C			Clase C
ATM-155,52 Categoría 3	Clase C			Clase C
Token Ring 16 Mbit/s		Clase D	Clase D	
Token Ring 100 Mbit/s		Clase D	Clase D	
ATM-155,52 Categoría 5	Clase D			Clase D
CSMA/CD 100BASE-TX	Clase D	Clase D		
CSMA/CD 1000BASE-T	Clase D	Clase D	Clase D	Clase D
Firewire 100 Mbit/s	Clase D			Clase D
10GBASE-T <sup>d</sup>	Clase E	Clase E	Clase E	Clase E
ATM-1200 Categoría 6	Clase E	Clase E	Clase E	Clase E
10GBASE-T <sup>d</sup>	Clase F	Clase F	Clase F	Clase F
FC-100-TP <sup>e</sup>	Clase F	Clase F	Clase F	Clase F
FC-100-TP <sup>f</sup>	Clase F			Clase F
<sup>a</sup> Opción que depende del suministrador. <sup>b</sup> Fuentes de alimentación opcionales. <sup>c</sup> Opción para continuidad de la pantalla del cable. <sup>d</sup> Se están especificando requisitos adicionales en Informe Técnico CLC/TR 50173-99-1. <sup>e</sup> Interfaz Tipo 1. <sup>f</sup> Interfaz Tipo 2.				

Tabla 58. Asignación de pines del conector modular para aplicaciones ICT

### Aplicaciones soportadas por el cableado de fibra óptica

En este apartado se verán las aplicaciones soportadas por el cableado de fibra óptica, aunque se pueden soportar otras aplicaciones que no serán mencionadas aquí.

Las aplicaciones de cableado de fibra óptica están relacionadas con las Clases de prestaciones del canal que se especifican en el apartado 2.4.2.

En la tabla 61 se muestra información detallada acerca de las longitudes máximas de canal que pueden soportar las aplicaciones genéricas para cada fibra óptica multimodo de núcleo y cubierta de silicio reconocidas.



En la tabla 60 se muestra información detallada acerca de las longitudes máximas de canal que pueden soportar las aplicaciones de centros de datos cuando se trabaja con fibra óptica multimodo.

En la tabla 59 se muestra información detallada acerca de las longitudes máximas de canal que pueden soportar las aplicaciones de control y de monitorización de procesos para cada fibra óptica multimodo de núcleo y cubierta de silicio reconocida.

Aplicación de red	$\lambda$ nm	Diám. núcleo $\mu\text{m}$	OM1			OM2			OM3		
			CIL <sup>a</sup> dB	$L^b$ m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	$L^b$ m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	$L^b$ m	Clase
ControlNET	1 300	50	6,5	1 514	OF-500	6,5	1 514	OF-500	6,5	1 514	OF-500
		62,5	11,3	6 533	OF-2000	11,3	6 533	OF-2000	–	–	–
<sup>a</sup> CIL es la máxima pérdida de inserción del canal (o previsión de potencia óptica, si aplica) tal como se define en la norma de aplicación.											
<sup>b</sup> $L$ es el menor de:											
<ul style="list-style-type: none"><li>la máxima longitud del canal especificada en la norma de aplicación;</li><li>la longitud calculada a partir del CIL considerando 1,5 dB correspondiente al hardware de conexión.</li></ul>											

Tabla 59. Aplicaciones de control y monitorización de procesos soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio

Aplicación de red	$\lambda$ nm	Diám. núcleo $\mu\text{m}$	OM1			OM2			OM3		
			CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase
ESCON (SBCON) a 200 Mbit/s	1 300	50	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000
		62,5	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000	—	—	—
SYSPLEX TIMER (ETR/CLO) a 16 Mbit/s	1 300	50	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000
		62,5	8,0	2 000	OF-2000	8,0	2 000	OF-2000	—	—	—
FICON (SX) 1,06 Gbit/s <sup>c</sup>	850	50	—	—	—	3,88	500	OF-500	3,88	500	OF-500
		62,5	2,8	250	OF-250	—	—	—	—	—	—
FICON Express2 (SX) 2,1 Gbit/s	850	50	—	—	—	2,78	300	OF-300	2,78	300	OF-300
		62,5	3,0	300	OF-300	—	—	—	—	—	—
FICON Express4 (SX) 4 Gbit/s	850	50	2,1	55	OF-50	—	—	—	—	—	—
		62,5	—	—	—	2,26	150	OF-100	2,26	150	OF-100
FICON (LX) 1,06 Gbit/s <sup>c</sup>	1 300	50	5,0	550	OF-500	5,0	550	OF-500	5,0	550	OF-500
		62,5	5,0	550	OF-500	5,0	550	OF-500	—	—	—
COUPLING LINK (ISC) a 531 Mbit/s	850	50	8,0	1 000	OF-500	8,0	1 000	OF-500	8,0	1 000	OF-500
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
COUPLING LINK (ISC) a 1,06 Gbit/s <sup>c</sup>	850	50	5,0	550	OF-500	5,0	550	OF-500	5,0	550	OF-500
		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

<sup>a</sup> CIL es la máxima pérdida de inserción del canal (o previsión de potencia óptica, si aplica) tal como se define en la norma de aplicación.

<sup>b</sup> L es el menor de:

- la máxima longitud del canal especificada en la norma de aplicación;
- la longitud calculada a partir del CIL considerando 2,0 dB correspondiente al hardware de conexión.

<sup>c</sup> Aplicación de ancho de banda limitado a la longitud de canal indicada. El uso de componentes de menor atenuación para crear canales que excedan la longitud indicada no pueden ser recomendado.

Tabla 60. Aplicaciones de centros de datos soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio



Aplicación de red	$\lambda$ nm	Diám. núcleo $\mu\text{m}$	OM1			OM2			OM3		
			CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase	CIL <sup>a</sup> dB	L <sup>b</sup> m	Clase
ISO/IEC 8802-3: FOIRL	850	50	3,3	514	OF-500	3,3	514	OF-500	3,3	514	OF-500
		62,5	9,0	1 000	OF-500	9,0	1 000	OF-500	—	—	—
ISO/IEC 8802-3: 10BASE-FL, FP y FB	850	50	6,8	2 000	OF-500	6,8	1 514	OF-500	6,8	1 514	OF-500
		62,5	12,5	1 857	OF-2000	12,5	2 000	OF-2000	—	—	—
ISO/IEC TR 11802-4: Token Ring (4 y 16 Mbit/s)	850	50	8,0	1 857	OF-500	8,0	1 857	OF-500	8,0	1 857	OF-500
		62,5	13,0	2 000	OF-2000	13,0	2 000	OF-2000	—	—	—
ATM a 51,84 Mbit/s	1 300	50	5,3	2 000	OF-2000	5,3	2 000	OF-2000	5,3	2 000	OF-2000
		62,5	10,0	2 000	OF-2000	10,0	2 000	OF-2000	—	—	—
ATM a 155,52 Mbit/s	850	50	7,2	1 000	OF-500	7,2	1 000	OF-500	7,2	1 000	OF-500
		62,5	7,2	1 000	OF-500	7,2	1 000	OF-500	—	—	—
	1 300	50	5,3	2 000	OF-2000	5,3	2 000	OF-2000	5,3	2 000	OF-2000
		62,5	10,0	2 000	OF-2000	10,0	2 000	OF-2000	—	—	—
ATM a 622,08 Mbit/s <sup>c</sup>	850	50	4,0	300	OF-300	4,0	300	OF-300	4,0	300	OF-300
		62,5	4,0	300	OF-300	4,0	300	OF-300	—	—	—
	1 300	50	2,0	330	OF-300	2,0	330	OF-300	2,0	330	OF-300
		62,5	6,0	500	OF-500	6,0	500	OF-500	—	—	—
DIS 14165-111: Fiber Channel (FC-PH) a 133 Mbit/s	1 300	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		62,5	6,0	1 500	OF-500	6,0	1 500	OF-500	6,0	1 500	OF-500
DIS 14165-111: Fiber Channel (FC-PH) a 266 Mbit/s	850	50	12,0	2 000	OF-2000	12,0	2 000	OF-200	12,0	2 000	OF-200
		62,5	12,0	700	OF-500	12,0	700	OF-500	—	—	—
	1 300	50	5,5	2 000	OF-2000	5,5	2 000	OF-2000	5,5	2 000	OF-2000
		62,5	6,0	1 500	OF-500	6,0	1 500	OF-500	—	—	—
DIS 14165-111: Fiber Channel (FC-PH) a 531 Mbit/s	850	50	8,0	1 000	OF-500	8,0	1 000	OF-500	8,0	1 000	OF-500
		62,5	8,0	350	OF-300	8,0	350	OF-300	—	—	—
DIS 14165-111: Fiber Channel (FC-PH) a 1062 Mbit/s <sup>c</sup>	850	50	4,0	500	OF-500	4,0	500	OF-500	4,0	500	OF-500
		62,5	4,0	300	OF-300	4,0	300	OF-300	—	—	—
ISO/IEC 8802-3: 1000BASE-SX <sup>c</sup>	850	50	—	—	—	3,56	550	OF-500	3,56	550	OF-500
		62,5	2,6	275	—	—	—	—	—	—	—
ISO/IEC 8802-3: 1000BASE-LX <sup>c</sup>	1 300	50	2,35	550	OF-500	2,35	550	OF-500	2,35	550	OF-500
		62,5	2,35	550	OF-500	2,35	550	OF-500	—	—	—
EN ISO/IEC 9314-3: FDDI PMD	1 300	50	6,3	2 000	OF-2000	6,3	2 000	OF-2000	6,3	2 000	OF-2000
		62,5	11,0	2 000	OF-2000	11,0	2 000	OF-2000	—	—	—
ISO/IEC 8802-3: 100BASE-FX	1 300	50	6,3	2 000	OF-2000	6,3	2 000	OF-2000	6,3	2 000	OF-2000
		62,5	11,0	2 000	OF-2000	11,0	2 000	OF-2000	—	—	—
IEEE 802.3: 10GBASE-SR/SW	850	50	—	—	—	1,80	82	—	2,60	300	OF-300
		62,5	1,60	32	—	—	—	—	—	—	—
IEEE 802.3: 10GBASE-LX4 <sup>c</sup>	1 300	50	2,0	300	OF-300	2,0	300	OF-300	2,0	300	OF-300
		62,5	2,0	300	OF-300	2,0	300	OF-300	—	—	—

<sup>a</sup> CIL es la máxima pérdida de inserción del canal (o previsión de potencia óptica, si aplica) tal como se define en la norma de aplicación.

<sup>b</sup> L es el menor de:

- la máxima longitud del canal especificada en la norma de aplicación;
- la longitud calculada a partir del CIL considerando 1,5 dB correspondiente al hardware de conexión.

<sup>c</sup> Aplicación de ancho de banda limitado a la longitud de canal indicada. El uso de componentes de menor atenuación para crear canales que excedan la longitud indicada no pueden ser recomendado.

Tabla 61. Aplicaciones ICT genéricas soportadas y máximas longitudes de canal con fibras multimodo de núcleo y cubierta de silicio

## 2.5. Configuración de los switches

En este apartado se tratará la configuración de los switches, incluyendo: configuración básica, configuración con máxima seguridad, configuración centralizada de VLANs y configuración de STP rápido. Esta configuración viene indicada por los módulos Cisco Certified Network Associate (CCNA) [18][19][20].

### 2.5.1. Configuración básica

Para empezar la configuración básica de un switch se deben ajustar los requisitos de velocidad, de ancho de banda y de seguridad de puertos. Esto último es debido a que los switches de la capa de acceso son muy vulnerables ya que están muy expuestos al usuario, por lo que hay que configurarlos para que resistan ataques y protejan los datos de los usuarios. Para ello se verá más adelante la seguridad de puertos.

#### Configuración remota

Además de la configuración local, hay switches que permiten realizar la configuración de forma remota si se le configura con una dirección IP y un gateway predeterminado. Para ello, el switch debe configurarse con una dirección IP y una máscara de subred, además de con un gateway predeterminado. Para asignarle una IP al switch, basta con asignarle la IP a la interfaz virtual del switch (SVI). De forma predeterminada, control de la administración del switch se realiza mediante la VLAN 1. Las VLANs son grupos lógicos que se encuentran numerados y a los que se pueden asignar puertos físicos. Funcionan de forma que los parámetros de configuración que se apliquen a una VLAN se aplican a todos los puertos que estén asignados a dicha VLAN. De manera predeterminada todos los puertos están asignados a la VLAN 1.

Los pasos para configurar el acceso a la administración básica de un switch con IPv4 son:

- Configurar la interfaz de administración. Para ello, desde el modo de configuración de interfaz VLAN se le asignará una dirección IP y una máscara de subred en la SVI de administración del switch.
- Configurar el gateway predeterminado.
- Verificar que se ha configurado correctamente.

#### Comunicación dúplex

Con la comunicación full dúplex se permite que los dos extremos de una conexión transmitan y reciban datos de forma simultánea, lo que aumenta el ancho de banda eficaz. Esta forma de comunicación requiere microsegmentación, lo cual se crea cuando un puerto de switch tiene un solo dispositivo conectado funcionando en modo full-dúplex. Así, el dominio de colisiones está formando por un único dispositivo y no se producen colisiones.

Por otra parte, existen las conexiones half-dúplex, las cuales son unidireccionales, de forma que no se puede enviar y recibir datos al mismo tiempo. Esto provoca problemas de rendimiento, ya que produce colisiones.

Mientras que con una conexión half-dúplex se puede conseguir una eficacia del 50% al 60% del ancho de banda, con una conexión full-dúplex se consigue una eficacia del 100% en ambas direcciones.

### **Configuración de puertos de switch en la capa física**

Los puertos de un switch permiten la configuración manual con parámetros específicos de dúplex y velocidad. Así, se podrá elegir entre una configuración half-dúplex o full-dúplex. Además, se podrá elegir la velocidad a la que se quiere que trabaje cada puerto del switch de entre las velocidades a la que es capaz de trabajar. Sin embargo, los puertos de fibra óptica trabajan siempre a una velocidad predefinida y siempre utilizan el modo full-dúplex.

### **Auto-MDIX**

Antes de que existiera el auto-MDIX, dependiendo del tipo de conexión que se quisiera realizar (por ejemplo, switch a switch o switch a router) se tenía que usar un tipo de cable u otro, pudiendo ser directo o cruzado. Sin embargo, al utilizar la característica automática de conexión cruzada de interfaz dependiente del medio (auto-MDIX) en una interfaz, se elimina dicho problema. Al utilizar la característica auto-MDIX la interfaz detectará de forma automática si el tipo de conexión de cable requerido es directo o cruzado y configurará la conexión conforme a ello. De esta forma es posible utilizar cualquier tipo de cable (directo o cruzado) para conectar el switch a otros dispositivos, ya que la interfaz se ajustará de forma automática para proporcionar una comunicación satisfactoria.

### **Banners**

Un banner es un mensaje que aparece al utilizar el switch Cisco. Existen tres tipos:

- Message Of The Day (MOTD): Este mensaje aparece cuando un usuario se conecta al switch.
- Login: Este mensaje aparece antes de entrar al sistema, pero después del mensaje MOTD.
- Exec: Este mensaje aparece cuando el usuario entra en el modo EXEC después de pasar el login. Así, sólo los usuarios que se autentifiquen y pasen el login verán este mensaje.

## **2.5.2. Configuración con máxima seguridad**

En este apartado se verá la seguridad en el puerto de consola, el protocolo SSH, además de la seguridad en los puertos y los puertos no usados.

## Seguridad en el puerto de consola

Para restringir el acceso al switch de forma que sólo puedan entrar personas autorizadas se configura el switch con una contraseña de acceso al puerto de consola. Esta contraseña deberá ser ingresada cada vez que se quiera acceder a la configuración del puerto de consola.

## Protocolo SSH

El protocolo Shell seguro (SSH) proporciona una conexión de administración segura, la cual está cifrada, a un dispositivo remoto. Anteriormente para administrar de forma remota se usaba Telnet, el trabaja con una conexión no segura debido a los textos no cifrados de la autenticación de inicio de sesión y de los datos transmitidos. Sin embargo, SSH realiza las conexiones remotas de forma segura gracias al cifrado seguro a la hora de iniciar sesión en un dispositivo, así como a la hora de transmitir datos entre dispositivos. SSH se asigna al puerto TCP 22 mientras que Telnet se asigna al puerto TCP 23.

Por lo dicho anteriormente, SSH es más seguro que Telnet, con el cual un atacante podría conseguir el usuario y contraseña del administrador debido a que no se encuentran cifrados. Lo mismo puede ocurrir con los datos transmitidos.

## EXEC

Existen dos modos EXEC: el de usuario y el privilegiado.

- **Modo de usuario EXEC:** No permite modificar ni leer la configuración del equipo. Se pueden usar los comandos show, ping, telnet y traceroute.
- **Modo privilegiado EXEC:** Se accede a él escribiendo el comando enable. Es un modo de visualización con privilegios.

## Seguridad de puertos

La seguridad de puerto sirve para limitar el número de direcciones MAC válidas permitidas en el puerto. De esta forma se pueden admitir o rechazar accesos dependiendo de la MAC que intente acceder.

El switch se puede configurar para permitir sólo una MAC o más de una. Si un puerto se configura como seguro y llega al máximo de direcciones MAC que soporta, cualquier MAC desconocida que intente conectarse generará una violación de seguridad.

El puerto se puede configurar de varias formas. El tipo de dirección MAC segura depende de la configuración e incluye:

- **Direcciones MAC seguras estáticas:** Estas direcciones MAC se configuran de forma manual en un puerto usando el comando `switchport port-security mac-address dirección_mac`. Estas direcciones MAC se almacenan en la tabla de direcciones y se añaden a la configuración en ejecución del switch.

- **Direcciones MAC seguras dinámicas:** Se detectan de forma dinámica y se almacenan en la tabla de direcciones. Se eliminan cuando el switch se reinicia.
- **Direcciones MAC seguras persistentes:** Se pueden detectar de forma dinámica o configurarse de forma manual. Se almacenan en la tabla de direcciones y se añaden a la configuración en ejecución.

En los puertos de los switches se pueden dar violaciones de seguridad. Éstas se producen cuando:

- La tabla de direcciones MAC seguras de un puerto está completa y una estación con una dirección MAC que no se encuentra en la tabla intenta acceder a la interfaz.
- Una dirección en una interfaz segura se puede ver en otra interfaz segura de la misma VLAN.

Cada interfaz se puede configurar en tres modos de violación distintos, actuando cada uno de ellos de una forma distinta cuando se produce una violación. Estos modos son:

- **Protect (Proteger):** Cuando se alcanza la cantidad máxima de direcciones MAC que se puede añadir a un puerto, todos los paquetes que lleguen desde un origen desconocido se descartan hasta que se eliminen suficientes direcciones MAC seguras o hasta que se aumente la cantidad máxima de direcciones permitidas. No notifica cuando se produce una violación de seguridad.
- **Restrict (Restringir):** Funciona de forma similar al modo Protect, con la diferencia de que hay una notificación cuando se produce una violación de seguridad.
- **Shutdown (Desactivar):** Este es el modo predeterminado. Cuando se produce una violación de seguridad en un puerto, la interfaz se inhabilita de forma inmediata por errores y se apaga el LED del puerto. Aumenta el contador de violaciones. Un puerto seguro que se haya inhabilitado por errores se puede volver a activar usando los comandos shutdown y no shutdown en el modo de configuración de interfaz.

Una violación puede provocar que un puerto de un switch se inhabilite por errores, lo cual provoca que se desactive y no envíe ni reciba tráfico.

### **Puertos no usados**

Para ayudar a proteger a la red de accesos no autorizados se pueden inhabilitar los puertos que no se utilicen. Al igual que un puerto puede desactivarse, puede volver a activarse.

### **2.5.3. Configuración centralizada de VLANs**

En este apartado se estudiarán varios aspectos importantes de las VLANs.

## Qué es una VLAN

Una VLAN o Virtual LAN es una red de área local virtual. Se utilizan para dividir los dominios de difusión grandes en otros más pequeños. Proporcionan segmentación y flexibilidad organizativa, permitiendo agrupar dispositivos dentro de una LAN. Los dispositivos que pertenecen a la misma VLAN se comunican entre sí como si estuvieran conectados al mismo cable. Además, las VLAN se basan en conexiones lógicas en vez de físicas.

Así, utilizando las VLAN se puede dividir la red en segmentos dependiendo de las necesidades de la misma. Esta división se realiza sin tener en cuenta la ubicación física de los dispositivos. Los dispositivos que forman parte de la misma VLAN funcionan como si estuvieran en una red independiente.

Cualquier puerto del switch puede pertenecer a una única VLAN, a no ser que se trate de un puerto conectado a un teléfono IP o a otro switch. Los paquetes de unidifusión, difusión y multidifusión se reenvían y saturan los dispositivos terminales en la VLAN donde se originan los paquetes.

Cada VLAN es una red lógica independiente y crea un dominio de difusión lógico, el cual puede abarcar varios segmentos LAN físicos. Si se envían paquetes cuyo destino no esté dentro de la VLAN, se reenviarán a través de un dispositivo que admita el routing.

Como se dijo antes, las VLAN se utilizan para dividir los dominios de difusión grandes en otros más pequeños. Esto mejora el rendimiento de la red. Cuando un dispositivo dentro de una VLAN manda una trama de Ethernet de difusión, esta trama sólo llegará al resto de dispositivos que pertenezcan a la misma VLAN.

Mediante el uso de VLANs se pueden implementar políticas de acceso y seguridad para distintos grupos de usuarios.

## Beneficios de las redes VLAN

Los beneficios de las VLANs son:

- **Seguridad.** Los grupos que tienen datos sensibles se separan del resto de la red para disminuir las violaciones de información confidencial.
- **Reducción de costos.** Necesita pocas actualizaciones de red costosas. Además, utiliza los enlaces y el ancho de banda de una forma más eficaz.
- **Mejor rendimiento.** Dividir la red en grupos lógicos de trabajo hace que se reduzca el tráfico innecesario y mejora el rendimiento.
- **Dominios de difusión reducidos.** Al dividir una red en VLANs se reduce el número de dispositivos en el dominio de difusión.

- **Mayor eficiencia del personal de TI.** Los usuarios que tengan requerimientos similares forman parte de la misma VLAN, lo cual hace más fácil manejar la red. Para identificar mejor la función de cada VLAN se le dan nombres.
- **Administración más simple de aplicaciones y proyectos.** Las VLANs añaden dispositivos de red y usuarios para admitir los requisitos comerciales o geográficos. Administrar un proyecto o trabajo con una aplicación especializada se hace más sencillo gracias a tener características diferentes en las distintas VLANs.

### Tipos de VLAN

Existen varios tipos de VLAN, algunos de ellos se definen en base a las clases de tráfico y otros en base a la función que cumplen. A continuación se verán 4 tipos de VLAN:

- **VLAN de datos.** Esta VLAN está configurada para transportar tráfico producido por usuarios (no se incluye el tráfico de administración ni de voz). Se le puede denominar VLAN de usuario. Sirven para dividir la red en grupos de usuarios o dispositivos.
- **VLAN predeterminada.** Cuando un switch arranca por primera vez todos los puertos forman parte de la VLAN predeterminada. Dichos puertos forman parte del mismo dominio de difusión. Un dispositivo puede conectarse a cualquier puerto para comunicarse con otro dispositivo en otro puerto del mismo switch.
- **VLAN nativa.** Una VLAN nativa está asignada a un puerto troncal 802.1Q. Los puertos de enlace troncal son los enlaces entre switches que admiten la transmisión de tráfico asociado a más de una VLAN. Estos puertos aceptan tanto el tráfico que provenga de muchas VLAN como el que no provenga de ninguna. El tráfico que proviene de VLANs va etiquetado con 4 bytes en el encabezado de la trama Ethernet para indicar la VLAN a la que pertenece la trama. El puerto de enlace troncal 802.1Q coloca el tráfico sin etiquetar en la VLAN nativa (VLAN 1 de forma predeterminada). Es recomendable configurar la VLAN nativa como VLAN sin utilizar, de forma independiente de la VLAN 1 y las demás VLAN.
- **VLAN de administración.** Cualquier VLAN que se configura para acceder a la administración de un switch. De forma predeterminada, es la VLAN 1. Para crear una se debe asignar una dirección IP y una máscara de subred a la interfaz virtual de switch (SVI) de la VLAN que se quiera como VLAN de administración. Esto va a permitir que el switch se administre usando HTTP, Telnet, SSH o SNMP.

### VLAN de voz

Para poder admitir la tecnología de voz sobre IP (VoIP) hace falta una VLAN separada. El tráfico de VoIP necesita:

- Ancho de banda garantizado, de forma que se puede asegurar la calidad de la voz.

- Tener prioridad de transmisión sobre los tipos de tráfico de la red.
- Tener la capacidad para ser enrutado en árelas de la red que se encuentren congestionadas.
- Una demora inferior a 150 ms en la red.

Si se quiere cumplir estos requerimientos, se tiene que diseñar toda la red para que admita VoIP.

### **Enlaces troncales de la VLAN**

Un enlace troncal es un enlace punto a punto entre dos dispositivos de red. Dicho enlace lleva más de una VLAN. Un enlace troncal de VLAN tiene la función de ampliar las VLAN a través de toda la red. Así, permiten que el tráfico de VLAN se pueda propagar entre los switches. De esta forma, los dispositivos que se encuentren en la misma VLAN y en distintos switches pueden comunicarse sin necesidad de un router.

Un enlace troncal de VLAN no forma parte de una VLAN específica. En lugar de ello, forma un conducto entre switches y routers para varias VLAN.

### **VLAN Trunk Protocol (VTP)**

El protocolo VTP es un protocolo creado por Cisco para compartir y sincronizar la configuración de VLAN a través de la red. Funciona de forma que al añadir o eliminar una VLAN en un switch, esta información se propaga y se añade o elimina también en el resto de los switches.

Los mensajes enviados por este protocolo para actualizar la información sobre las VLAN sólo se transmiten a través de enlaces troncales. Por otra parte, estos mensajes sólo llegan a los switches que forman parte de su mismo dominio VTP. Los switches que formen parte del mismo dominio VTP compartirán la información sobre las VLAN.

VTP se puede configurar de tres formas distintas:

- Servidor. Puede añadir, borrar y modificar VLANs. Propagará un mensaje por los enlaces troncales para informar sobre los cambios en las VLANs. Si el servidor recibe un mensaje VTP, realizará los cambios pertinentes y enviará el mensaje a todos los enlaces troncales restantes.
- Transparente. Puede realizar cambios en las VLANs de forma local, pero estos cambios no se propagarán al resto de switches. Si un switch transparente recibe un mensaje, no realizará el cambio pero sí enviará el mensaje al resto de enlaces troncales.
- Cliente. No puede realizar cambios en las VLANs. Sólo actualiza la configuración de las VLANs dependiendo de la información que le llegue en los mensajes VTP del servidor. Cuando recibe un mensaje realiza los cambios y lo manda al resto de puertos troncales.



Por defecto todos los switches trabajan como servidores.

Se le puede asignar un nombre al dominio VTP, así como una contraseña, aunque ésta no es obligatoria. Si se configura una contraseña, todos los switches deben ser configurados con la misma. Si hay algún switch sin contraseña o con una contraseña incorrecta, rechazará los mensajes VTP.

Hay tres versiones de VTP y son la 1, la 2 y la 3. La 1 y la 2 soportan las VLANs con ids desde 1 hasta 1005. La versión 3 soporta las ids desde 1 hasta 4094, soportando así también las VLAN de rango extendido. Por lo tanto, si un switch que utilice la versión 3 realiza cambios en el rango 1006-4094, estos cambios no podrán ser realizados de forma automática por el resto de switches. Además, si un switch que está funcionando en versión 1 y es capaz de trabajar en versión 2 recibe un mensaje de un switch versión 3, se modificará para trabajar en versión 2. También se debe tener en cuenta que si un switch habilita la versión 2, todos los switches del mismo dominio también lo harán. Por lo tanto, no se puede habilitar la versión 2 en un switch si hay algún switch en el mismo dominio que no soporte dicha versión.

La principal diferencia entre la versión 1 y 2 es que la versión 2 da soporte a redes token ring. Por lo tanto, si se utiliza esta topología es necesario pasar de la versión 1 a la versión 2.

### Modos de interfaz negociados

En los switches Cisco Catalyst 2960 y Catalyst 3560 se pueden configurar distintos modos de enlace troncal con la ayuda del protocolo DTP:

- **switchport mode access:** la interfaz se configura en modo de enlace no troncal permanente y negocia para convertir el enlace en uno no troncal. Con independencia de la interfaz vecina, la interfaz que se está configurando se convierte en no troncal.
- **switchport mode dynamic auto:** la interfaz puede transformar el enlace en troncal. La interfaz se puede convertir en troncal si la interfaz vecina se configura en modo troncal o deseado. Es el modo predeterminado.
- **switchport mode trunk:** la interfaz se configura en modo troncal permanente y negocia para transformar el enlace en troncal. Independientemente de la interfaz vecina, la interfaz en modo trunk se convierte en un enlace troncal.
- **switchport nonegotiate:** impide que la interfaz genere tramas DTP. Sólo puede utilizarse cuando el modo de switchport de la interfaz es Access o trunk. Para establecer un enlace troncal, se debe configurar en la interfaz vecina.

#### 2.5.4. Configuración de STP rápido

STP es un protocolo de árbol de expansión. Es la versión original de IEEE 802.1D (802.1D-1998 y anterior). Proporciona una topología sin bucles en una red con enlaces redundantes. Sea cual sea el número de VLANs de la red, asume una instancia de árbol

de expansión 802.1D para toda la red. Tiene un puente raíz y un árbol. Esto provoca que el tráfico de todas las VLANs se transmita por la misma ruta.

El protocolo STP usa el algoritmo de expansión (STA) para bloquear puertos en el switch de forma que se eviten los bucles en la red. El STA utiliza un único switch como puente raíz, el cual es el punto de referencia para todos los cálculos de rutas.

### Funciones de puerto

Para saber qué switch realizará la función de puente raíz, el protocolo STP intercambia tramas de BPDU para saber qué switch tiene un ID de puente (BID) menor en la red. El puente raíz será el switch con el menor BID.

Una BPDU es una trama de mensaje que intercambian los switches para STP. Existe un BID que sirve como identificador del switch que envió la trama dentro de cada trama BPDU. El valor de BID es determinado por sus tres campos, los cuales son: MAC del switch emisor, un valor de prioridad y una ID de sistema extendido optativa.

Tras saber qué switch realizará la función de puente raíz, se calcula la ruta más corta hacia dicho puente con el algoritmo de expansión. Este algoritmo es utilizado por todos los switches para saber los puertos que deben bloquear. Para decidir qué puertos bloquear el STA tiene en cuenta los costos de ruta y los de puerto. El costo de la ruta para el puente raíz es el resultado de la suma de los valores de costo de puerto. Cuando haya más de una ruta posible, se elegirá la que tenga menor costo.

Cuando el STA determina cuáles son las mejores rutas en cada switch, asigna las funciones de puerto en los switches que participan. Las funciones de puerto dependen de la relación que tenga el switch en la red con el puente raíz y de si puede reenviar tráfico o no. Las funciones son:

- **Puertos raíz:** son los puertos de switch más cercanos al puente raíz.
- **Puertos designados:** son todos los puertos que no sean raíz y puedan enviar tráfico a la red.
- **Puertos alternativos y de respaldo:** son los puertos que se encuentran bloqueados para evitar bucles. Se seleccionan en los enlaces troncales donde los extremos no son puertos raíz.
- **Puertos deshabilitados:** puerto de switch desactivado.

### Puente raíz

El puente raíz se usa como referencia para determinar las rutas que deben bloquearse por contener redundancia en la red. Como se dijo anteriormente, para elegir el puente raíz se utiliza el BID que se encuentra dentro de las tramas BPDU. Al principio todos los switches del dominio son candidatos a convertirse en puente raíz. Cuando los switches arrancan, envían tramas BPDU cada dos segundos que contienen el BID y la ID de raíz. Cuando las tramas BPDU se transmiten por la red, los switches leen el campo ID de raíz. Si este campo es menor que el suyo propio, actualizan su campo ID

de raíz indicando que el switch adyacente del que recibió la trama es el puente raíz. Cuando se termina el proceso, el switch que tenga un menor BID es el puente raíz.

### Costo de la ruta

Cuando se tiene el puente raíz, el STA calcula cuáles son las mejores rutas desde el puente raíz hasta los demás switches del mismo dominio de difusión. Como se dijo anteriormente, la información de la ruta se calcula a partir de la suma de los costos de cada puerto por el que pasa la ruta desde el destino hasta el puente raíz.

Dependiendo de la velocidad a la que funcione un puerto se le da un costo de puerto predeterminado. Este costo es menor cuanto mayor es la velocidad.

Las rutas hacia el puente raíz se pueden configurar de forma manual cambiando el costo de puerto predeterminado, el cual es configurable. Para configurar dicho costo en el modo de interfaz se usa el comando `spanning-tree cost valor`. Este valor debe estar en el rango 1-200000000. Para dejar el puerto con su valor predeterminado tras asignarle un valor manualmente, se puede usar el comando `no spanning-tree cost` en el modo de configuración de interfaz.

Se pueden ver los costos de puerto y de ruta hacia el puente raíz usando el comando `show spanning-tree`.

### Descripción general de PVST+

Las redes que trabajan con un árbol de expansión común (CST) y una sola instancia de árbol cumplen lo siguiente:

- No se puede compartir la carga. Un uplink tiene que bloquear todas las VLAN.
- Sólo necesita calcular una instancia del árbol, por lo que preserva la CPU.

Cisco creó PVST+ para poder tener una instancia del árbol para cada VLAN en la red. PVST+ permite bloquear una VLAN en un enlace troncal sin bloquear otras. Se requiere un mayor procesamiento de CPU debido a que cada VLAN usa una instancia STP. También necesita más consumo de ancho de banda de BPDU. Permite que la mitad de las VLAN reenvíen en cada enlace troncal de uplink. Se pueden configurar distintos puentes raíz para las distintas VLAN.

Las redes que usan PVST+ tienen las siguientes características:

- El balanceo de carga puede funcionar de forma óptima.
- Si se configuran muchas VLANs y si se tiene una instancia de árbol de expansión para cada una, puede producir una pérdida de ciclos de CPU en los switches de la red.

### Estados de los puertos y funcionamiento de PVST+

El árbol de expansión se crea intercambiando tramas BPDU entre los switches de la red. Cuando un switch arranca, mientras que se calcula el árbol de expansión el switch puede colocar un puerto en estado de reenvío cuando debería colocarse en bloqueo, lo cual puede provocar un bucle temporal en la red. Para evitar este tipo de problemas STP tiene cinco estados de puerto:

- **Bloqueo:** El puerto se convierte en un puerto alternativo y no reenvía tramas. Recibe tramas BPDU que le permiten saber dónde se encuentra el puente raíz y cual es su ID de raíz, además de las funciones de puertos que debe asumir en la topología final.
- **Escucha:** escucha la ruta hacia la raíz. Recibe y envía tramas BPDU para informar a los switches adyacentes de que el puerto se prepara para participar en la topología activa.
- **Aprendizaje:** aprende las direcciones MAC. Completa la tabla de direcciones MAC y se prepara para reenviar tramas.
- **Reenvío:** el puerto forma parte de la topología activa. Envía y recibe tramas BPDU y reenvía tramas de datos.
- **Deshabilitado:** el puerto no participa en el árbol de expansión ni reenvía tramas. Un puerto deshabilitado se produce cuando el puerto en el switch se encuentra deshabilitado.

Usando el comando `show spanning-tree summary` se pueden ver los puertos en cada estado.

Para crear una topología lógica sin bucles, PVST+ sigue los siguientes pasos en cada VLAN:

1. **Elegir un puente raíz:** Para cada VLAN habrá un sólo puente raíz, el cual será el switch con la ID de puente menor. En el puente raíz todos los puertos que no sean puerto raíz son designados.
2. **Seleccionar el puerto raíz en cada puerto que no es raíz:** Se tiene un puerto raíz en cada puente que no es raíz. Este puerto indica la ruta de menor costo desde el switch hasta el puente raíz. Los puertos raíz están, por lo general, en estado de reenvío.
3. **Seleccionar el puerto designado en cada segmento:** En cada enlace hay un puerto designado, el cual se elige en función del costo hacia el puente raíz. El switch que tenga la ruta de menor costo será el que tenga el puerto designado. Estos puertos suelen estar en estado de reenvío y reenvían el tráfico para el segmento.

4. **El resto de los puertos en la red conmutada son puertos alternativos:** Los puertos alternativos están en estado de bloqueo para evitar bucles. Por lo tanto, no reenviarán tráfico, pero si pueden procesar las tramas BPDU que reciban.

### Descripción general de PVST+ rápido

El protocolo de árbol de expansión rápido (RSTP, IEE 802.1w) es una evolución del estándar 802.1D. Los términos utilizados son los mismos que los vistos anteriormente en STP. Permite ejecutar una instancia de RSTP para cada VLAN. En RSTP los puertos se definen como descartar, aprender y enviar. Las características de RSTP son:

- Posee mejor rendimiento que versiones anteriores. Es el protocolo más usado para evitar bucles en la capa 2 en redes conmutadas.
- Mejoras del estándar original 802.1D no son compatibles con RSTP, como es el caso de UplinkFast y BackboneFast.
- Mantiene la compatibilidad con versiones anteriores. Usa la mayor parte de la terminología y los parámetros de versiones anteriores. Puede trabajar con switches que operen con el estándar antiguo.
- El formato de la trama BPDU es el mismo. Sólo cambian el campo Versión, el cual indica el protocolo RSTP y el campo Indicadores, que utiliza 8 bits.
- Puede hacer que un puerto pase de forma segura al estado de enviar sin usar temporizadores.

### Puertos de extremo

En RSTP, los puertos de extremo nunca se conectan con otro switch. Cuando se habilitan se colocan en estado de enviar.

Por otra parte, un puerto de perímetro se conecta a una estación terminal bajo la suposición de que no hay ningún dispositivo conectado a ella. Pasan de forma inmediata al estado de reenvío.

### Tipos de enlace

En RSTP hay dos tipos de enlace en los puertos que no son de extremos dependiendo del modo dúplex:

- **Punto a punto:** funciona en full-dúplex y conecta dos switches. Es posible que se produzca una transición rápida al estado de reenvío.
- **Compartido:** funciona en half-dúplex y conecta un switch y un hub.

Es posible que las conexiones punto a punto y las de puerto de perímetro realicen una transición rápida al estado de reenvío.

Antes de saber qué tipo de enlace es, RSTP determina la función del puerto. Las funciones de puerto tienen las siguientes características:

- Los puertos raíz no usan el parámetro de tipo de enlace. Cuando el puerto se encuentra sincronizado, puede realizar una transición rápida al estado de enviar.
- El parámetro de tipo de enlace no es utilizado en los puertos alternativos y de respaldo normalmente.
- El parámetro de tipo de enlace es más usado en los puertos designados. En estos casos sólo puede darse una transición rápida al estado de reenvío si el parámetro de tipo de enlace es punto a punto.

### **Balanceo de carga**

El balanceo de carga se consigue haciendo que cada VLAN tenga una ruta distinta con puentes raíz distintos, de forma que el tráfico de las distintas VLANs no pase todo por la misma ruta hacia el mismo puente raíz.

## Capítulo 3

# Planos





## Índice de los planos

3.1.	Planos del cableado vertical en cada edificio .....	145
3.2.	Planos del cableado horizontal de cada planta .....	145
3.3.	Plano de campus .....	156
3.4.	Plano de los repartidores .....	156
3.5.	Topología física .....	163
3.6.	Topología lógica .....	164
3.7.	Distribución de VLANs .....	164



En este capítulo se tendrán todos los planos necesarios para llevar a cabo la correcta instalación del cableado estructurado en los edificios A y B. Se verán tanto los planos del cableado vertical de cada edificio, como el horizontal de cada planta en cada edificio y el de campus. Además, se tendrán también los planos de las topologías lógica y física, así como los planos de los repartidores para ver la ubicación de los componentes en su interior.

### **3.1. Planos del cableado vertical en cada edificio**

En este apartado se tienen los planos del cableado vertical de fibra óptica que interconecta los switches de la capa de distribución con los de la capa de acceso.

#### **Edificio A**

El plano del cableado vertical del edificio A, el cual consta de 6 plantas, se puede ver en la figura 33.

#### **Edificio B**

El plano del cableado vertical del edificio B, el cual consta de dos plantas, se puede ver en la figura 34.

### **3.2. Planos del cableado horizontal de cada planta**

En este apartado se tienen los planos del cableado horizontal conformado por cables de par trenzados de Categoría 6A que interconectan los switches de la capa de acceso con las tomas de telecomunicaciones distribuidas en cada planta para dar servicio a los puestos de trabajo.

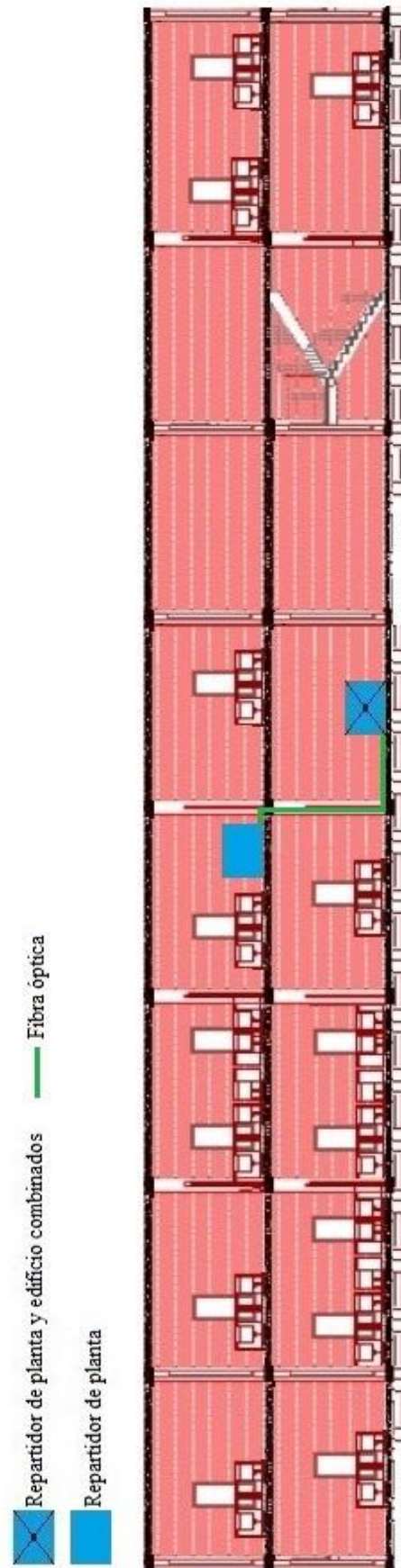
#### **Edificio A**

Este edificio está formado por seis plantas. El cableado horizontal de la planta baja se tiene en la figura 33, el de la primera planta se tiene en la figura 34, el de la segunda planta en la figura 35, el de la planta -1 en la figura 36, el de la planta -2 en la figura 37 y el de la planta -3 en la figura 38.

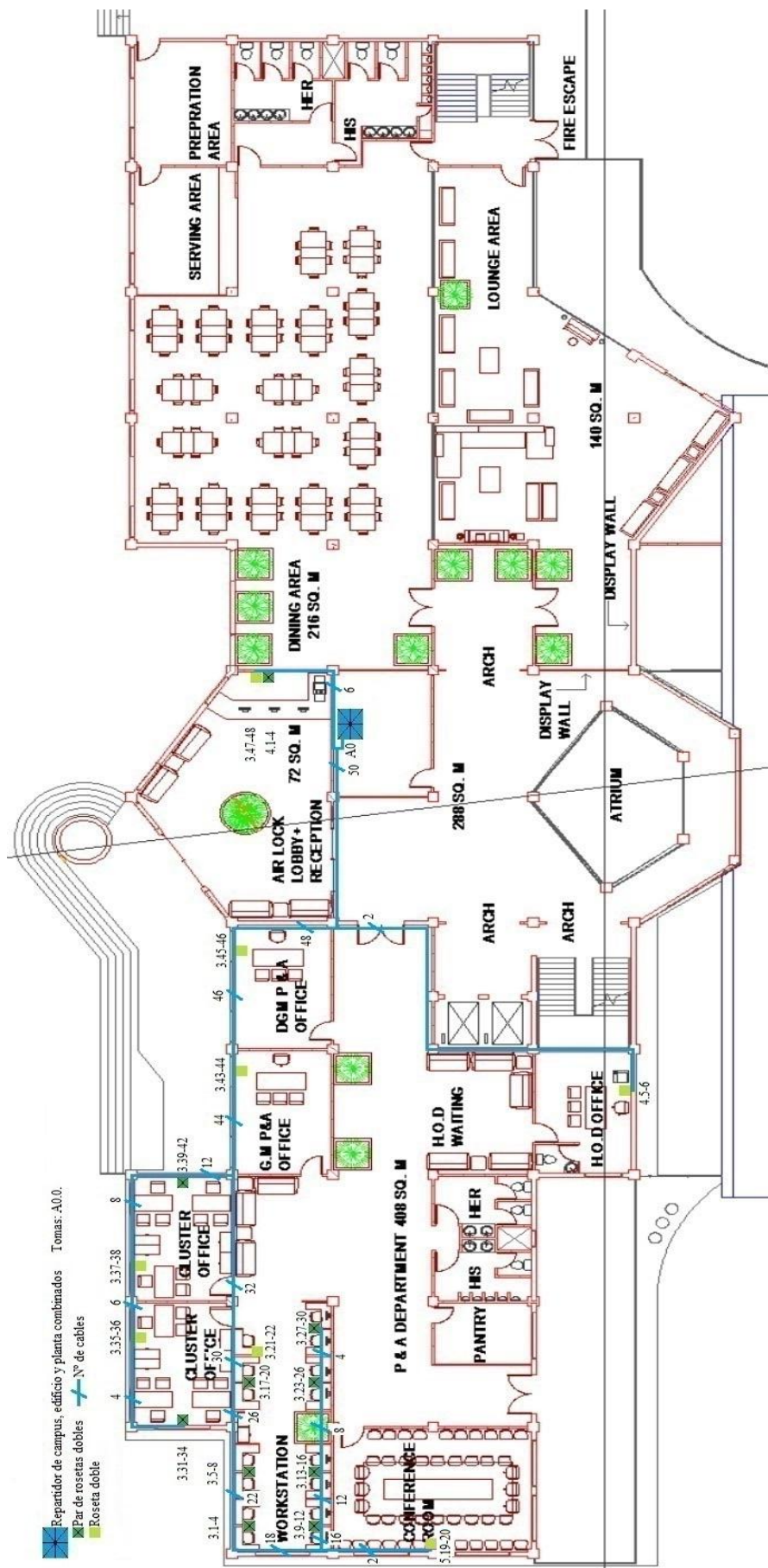
#### **Edificio B**

Este edificio está formado por dos plantas. El cableado horizontal de la planta baja se tiene en la figura 39 y el de la planta 1 en la figura 40.



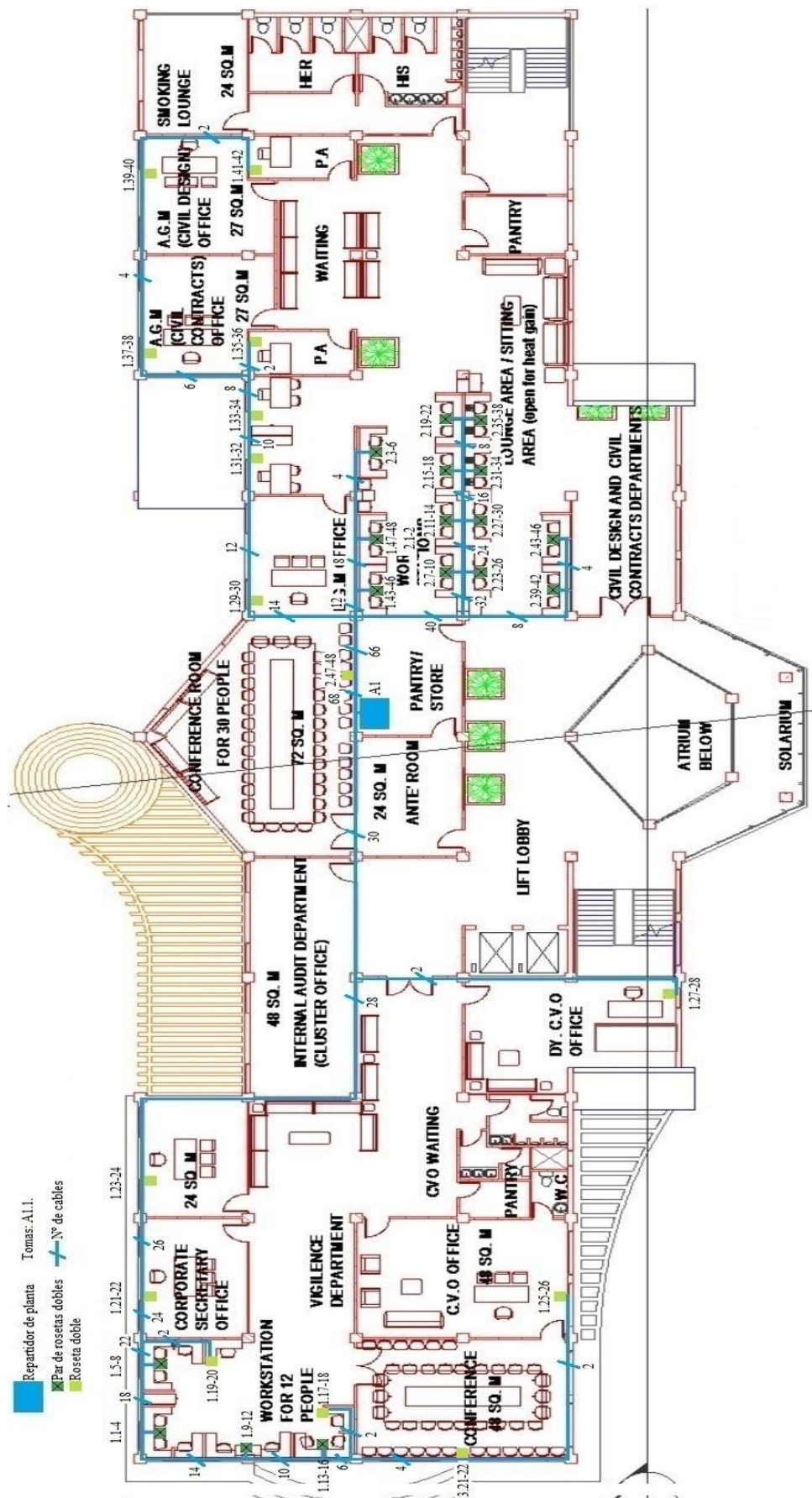


Plano 2. Cableado vertical en el edificio B.



Plano 3. Cableado horizontal en la planta baja del edificio A

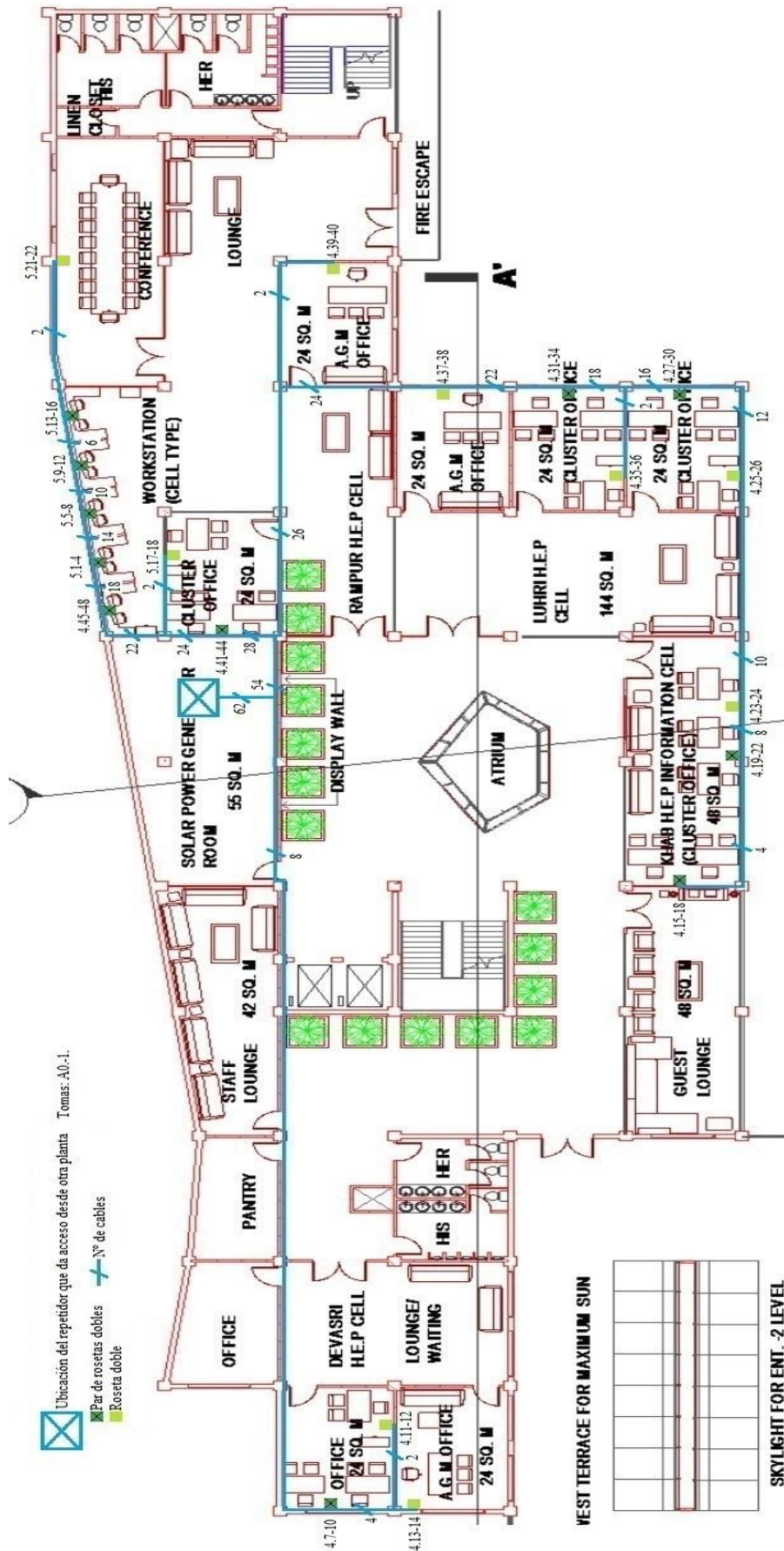




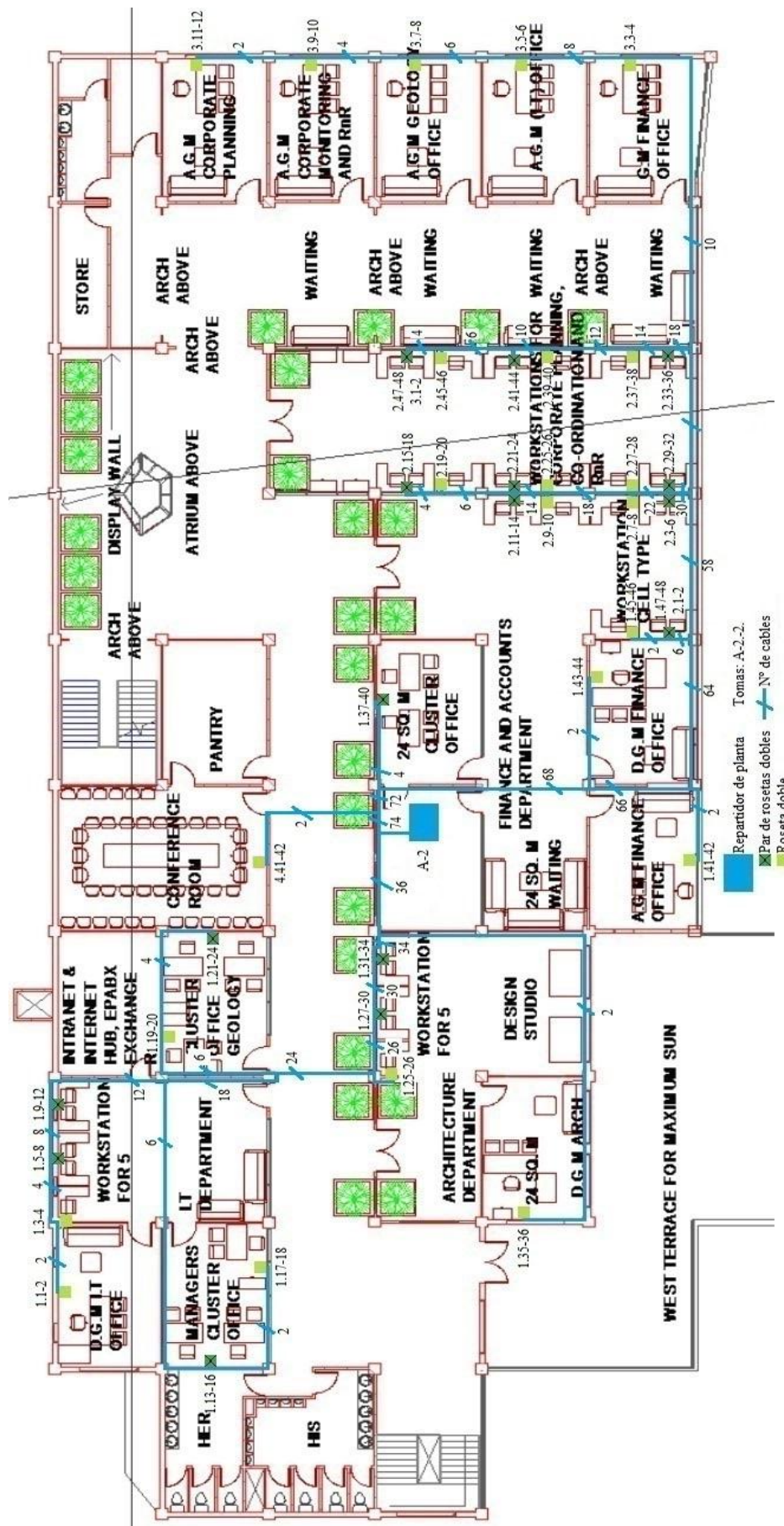
Plano 4. Cableado horizontal en la 1ª planta del edificio A.







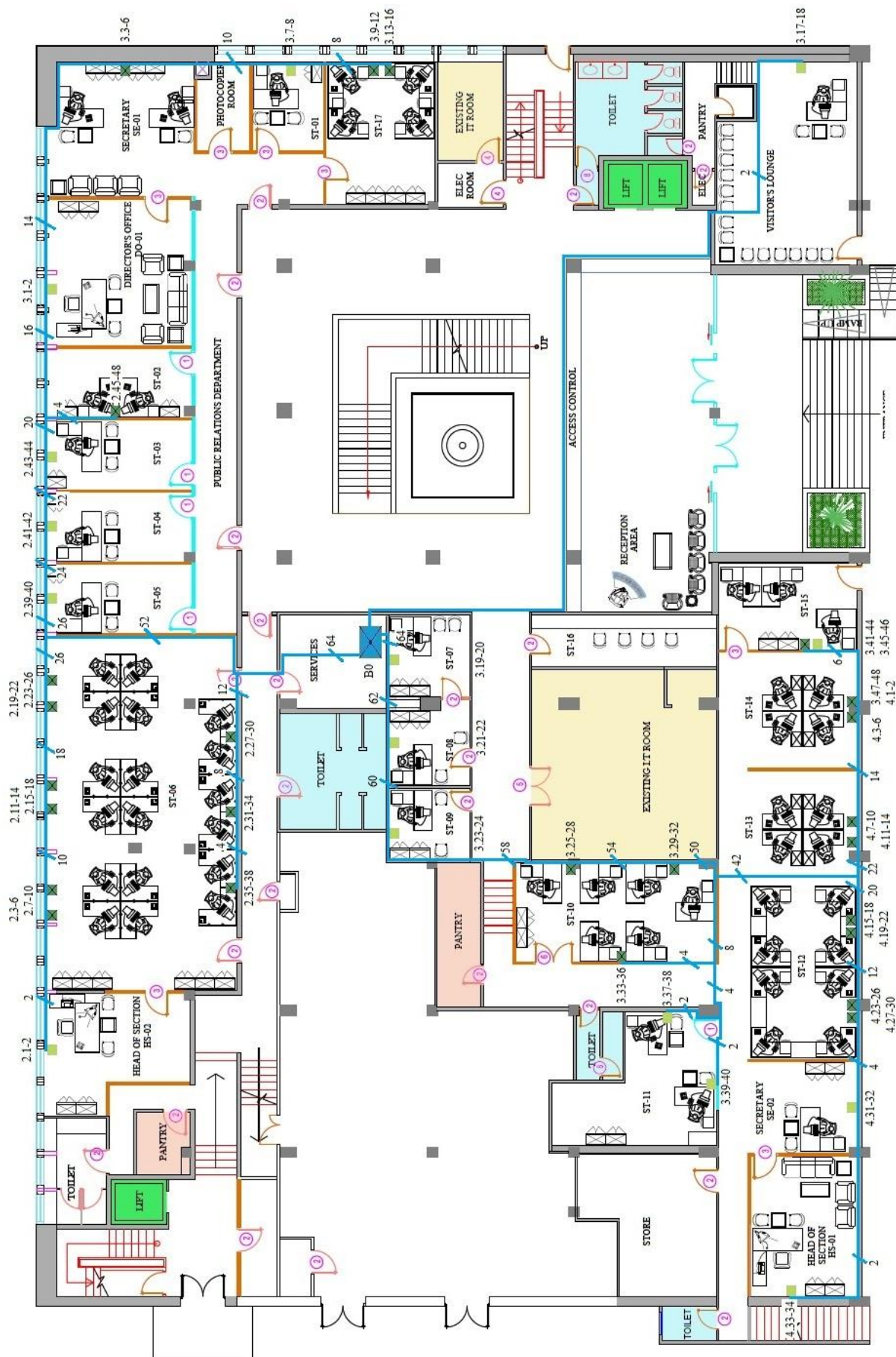
Plano 6. Cableado horizontal en la planta -1 del edificio A.

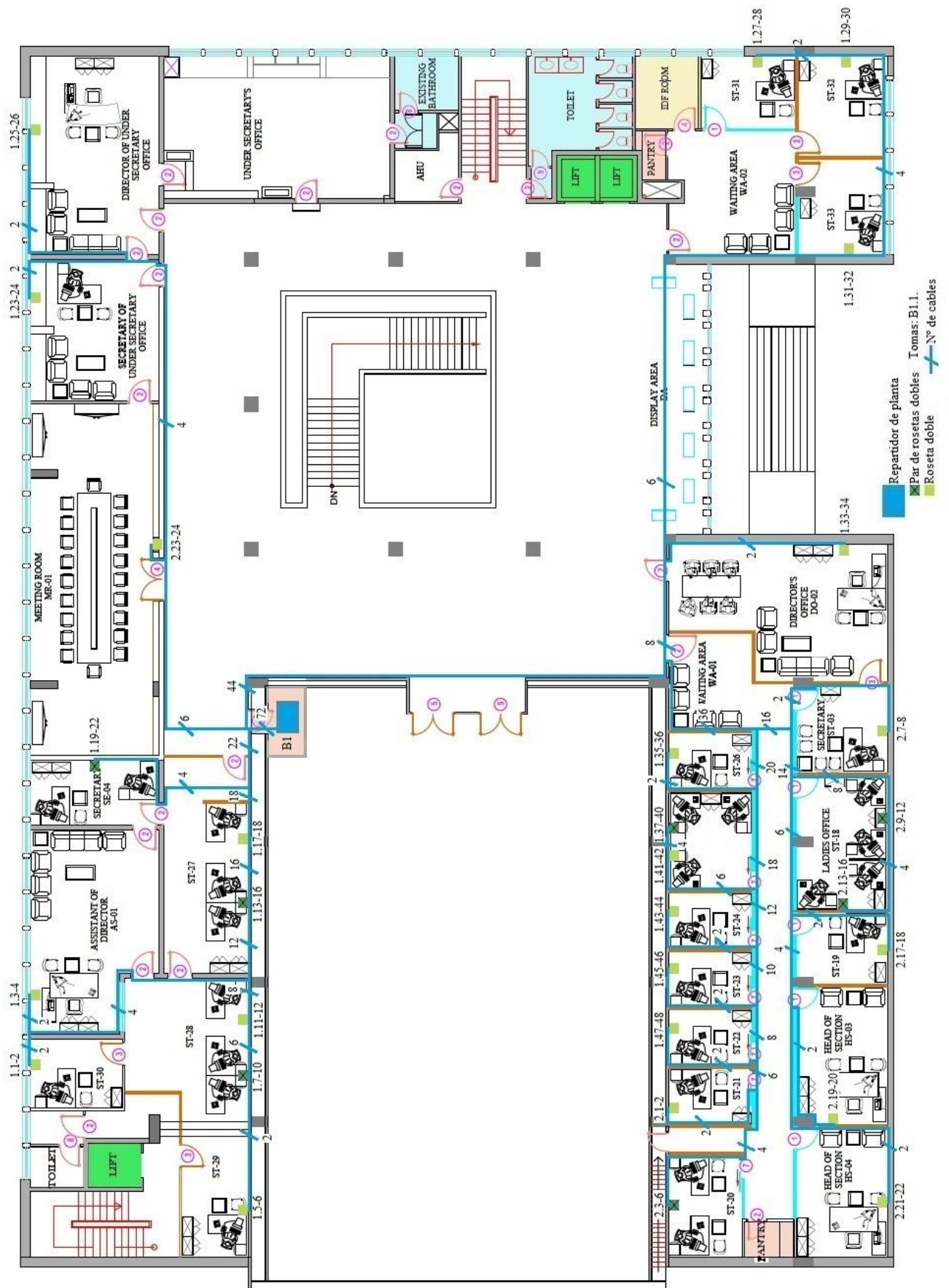


Plano 7. Cableado horizontal en la planta -2 del edificio A.









Plano 10. Cableado horizontal en la 1ª planta del edificio B.

### 3.3. Plano de campus

RC: Repartidor de Campus  
RE: Repartidor de Edificio  
RP: Repartidor de Planta

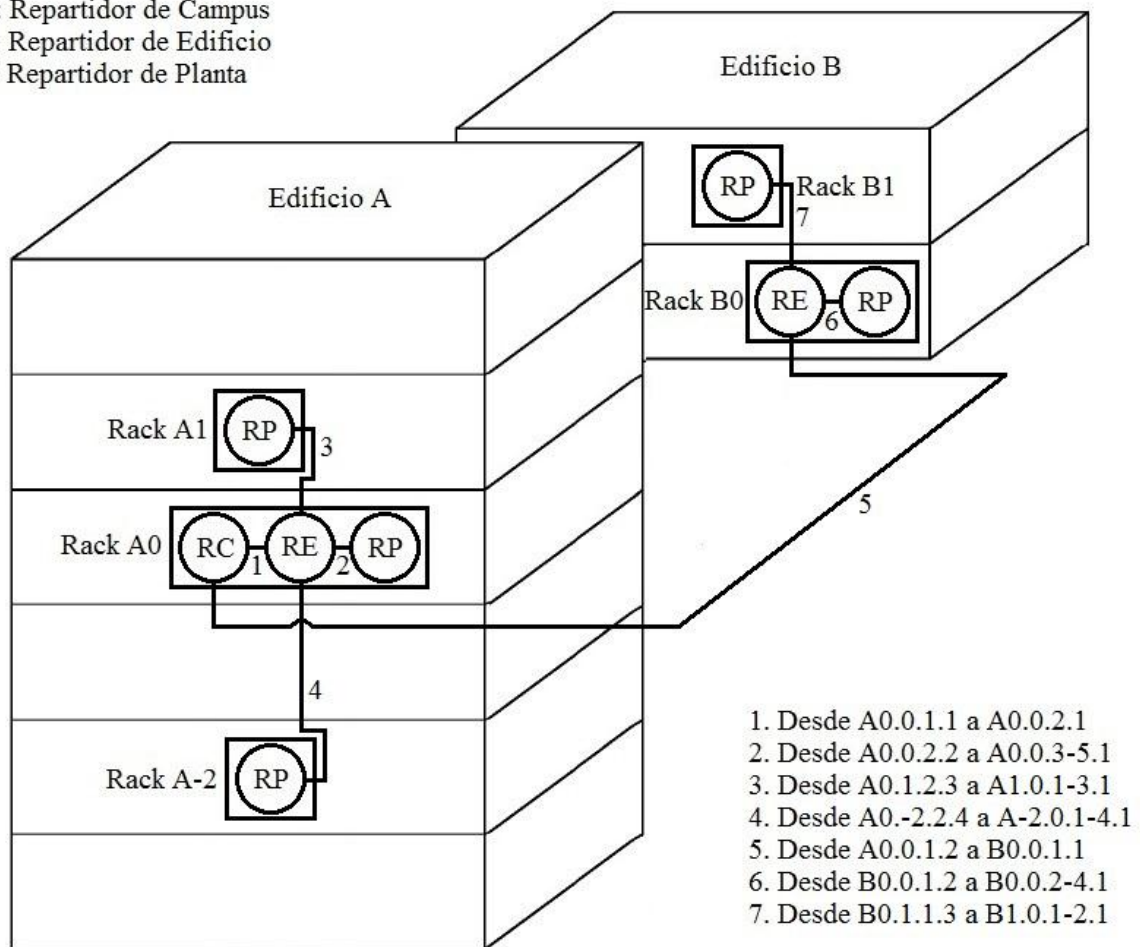


Figura 33. Plano de campus

Las conexiones de este plano están etiquetadas siguiendo el apartado 4.1.4. Normas de rotulación.

### 3.4. Plano de los repartidores

En este apartado se verán los repartidores de ambos edificios.

#### Edificio A

En este edificio se tienen tres repartidores:

- **Repartidor A0.** Situado en la planta baja. Es un repartidor de campus, edificio y planta combinados. Se encarga de conectar los switches de la capa de distribución de los edificios A y B al switch de la capa de núcleo. Además,

conecta el switch de la capa de distribución del edificio A con los switches de la capa de acceso del mismo edificio. Da acceso a las tomas de telecomunicaciones de las plantas 0 y -1. Se tiene en la 44.

- **Repartidor A1.** Situado en la primera planta. Es un repartidor de planta y se encarga de darle acceso a las tomas de telecomunicaciones de las plantas 1 y 2. Se tiene en la figura 45.
- **Repartidor A-2.** Situado en la planta -2. Es un repartidor de planta y se encarga de darle acceso a las tomas de telecomunicaciones de las plantas -2 y -3. Se tiene en la figura 46.

## Edificio B

En este edificio se tienen dos repartidores:

- **Repartidor B0.** Situado en la planta baja. Es un repartidor de edificio y planta. Se encarga de conectar el switch de la capa de distribución con los switches de la capa de acceso del edificio B, así como de conectar el switch de la capa de distribución que se encuentra en el edificio B con el switch de la capa de núcleo que se encuentra en el repartidor A0. Da acceso a las tomas de telecomunicaciones de la planta baja. Se tiene en la figura 47.
- **Repartidor B1.** Situado en la primera planta. Es un repartidor de planta que da acceso a las tomas de telecomunicaciones de la primera planta. Se tiene en la figura 48.



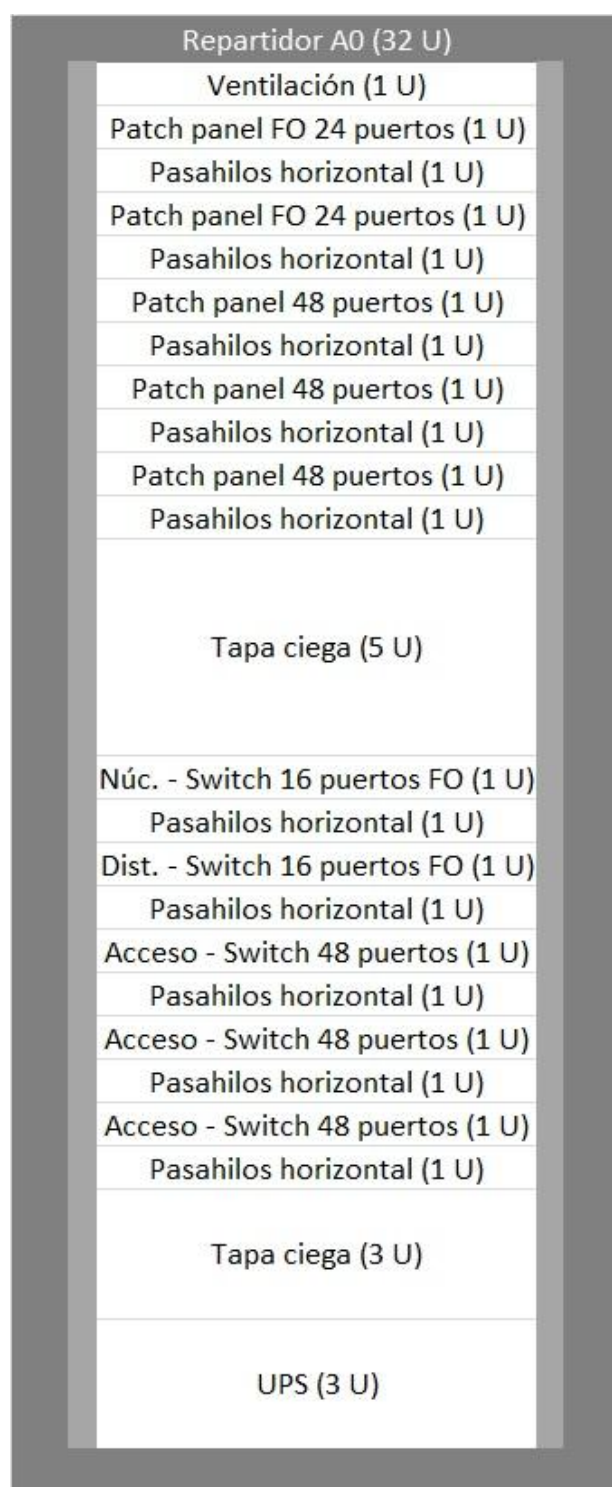


Figura 34. Repartidor de la planta baja del edificio A



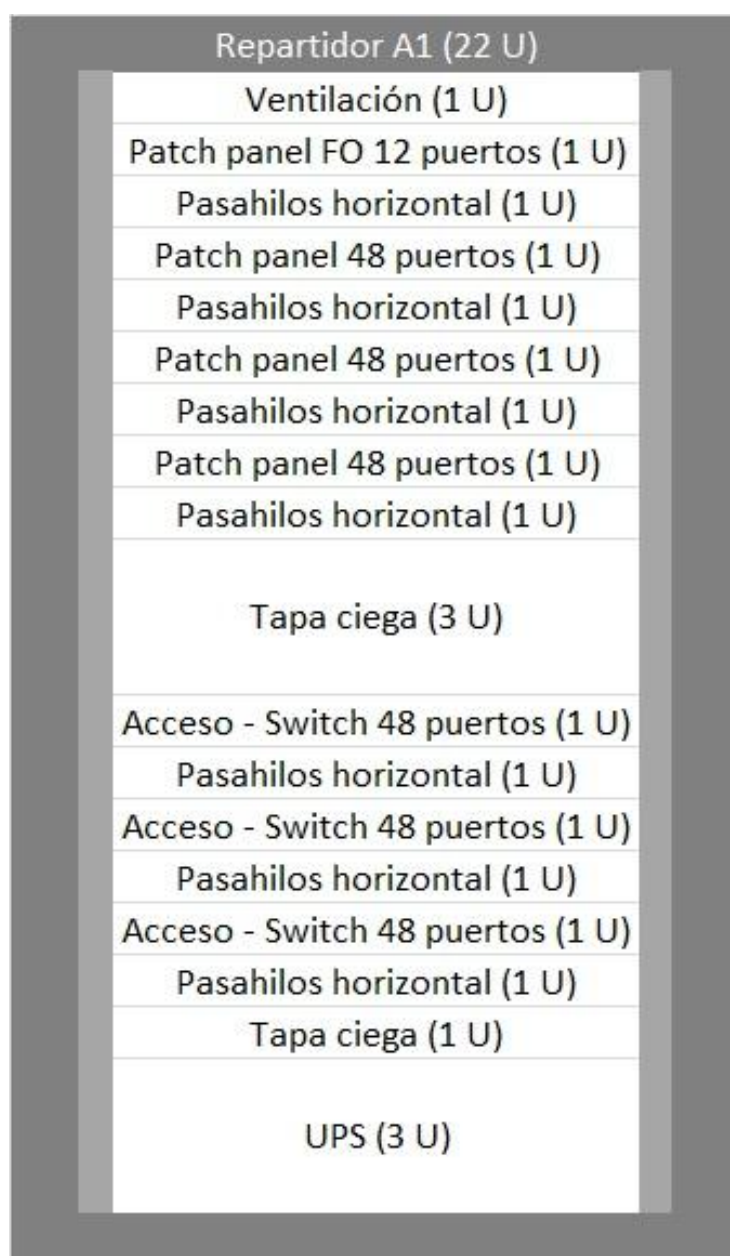


Figura 35. Repartidor de la 1ª planta del edificio A

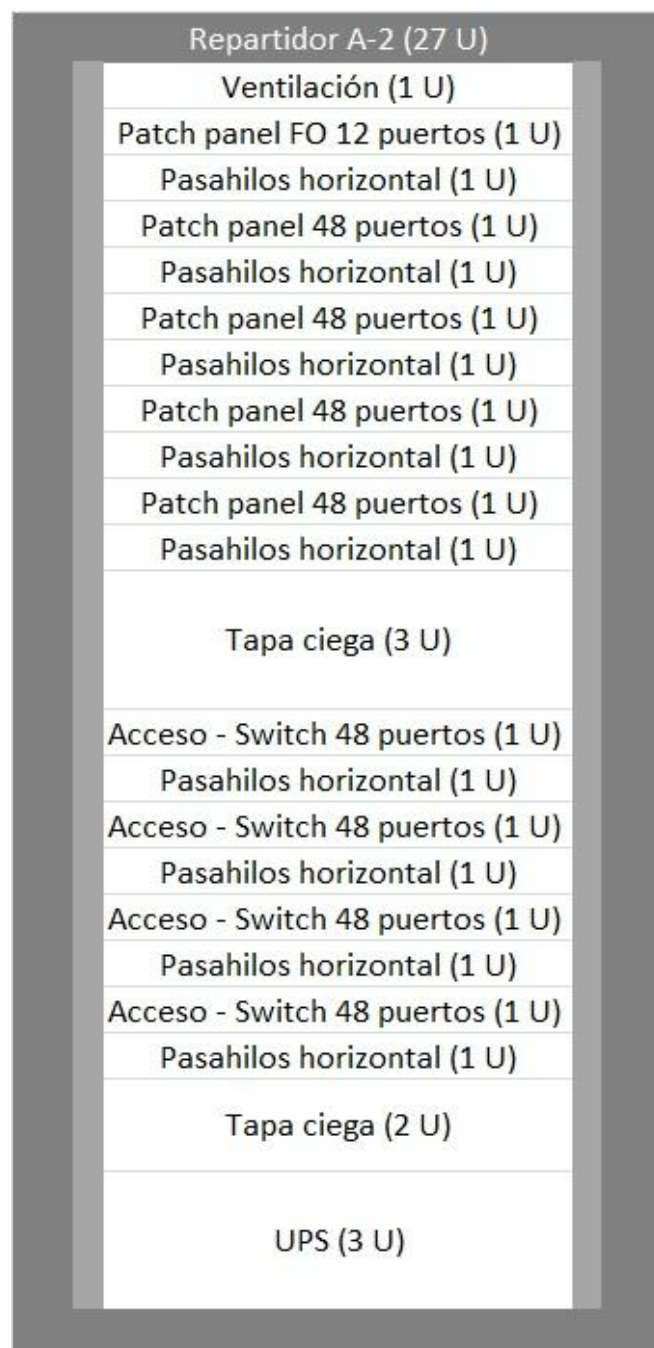


Figura 36. Repartidor de la planta -2 del edificio A

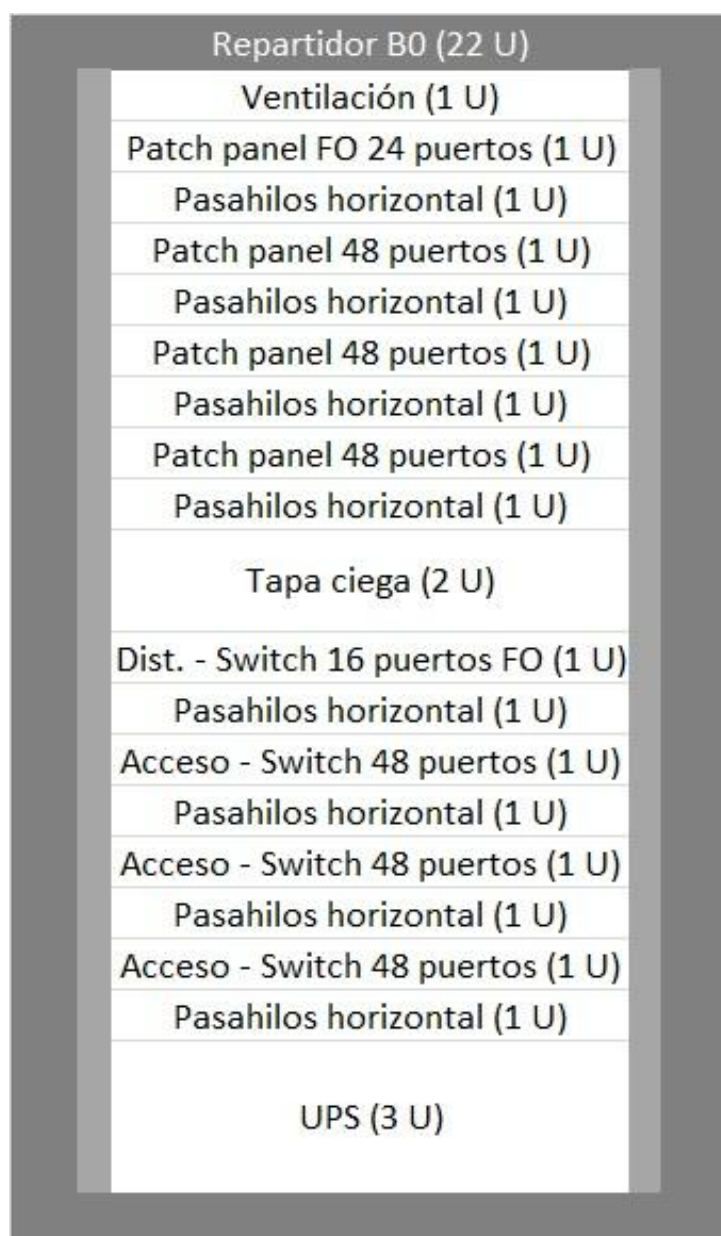


Figura 37. Repartidor de la planta baja del edificio B

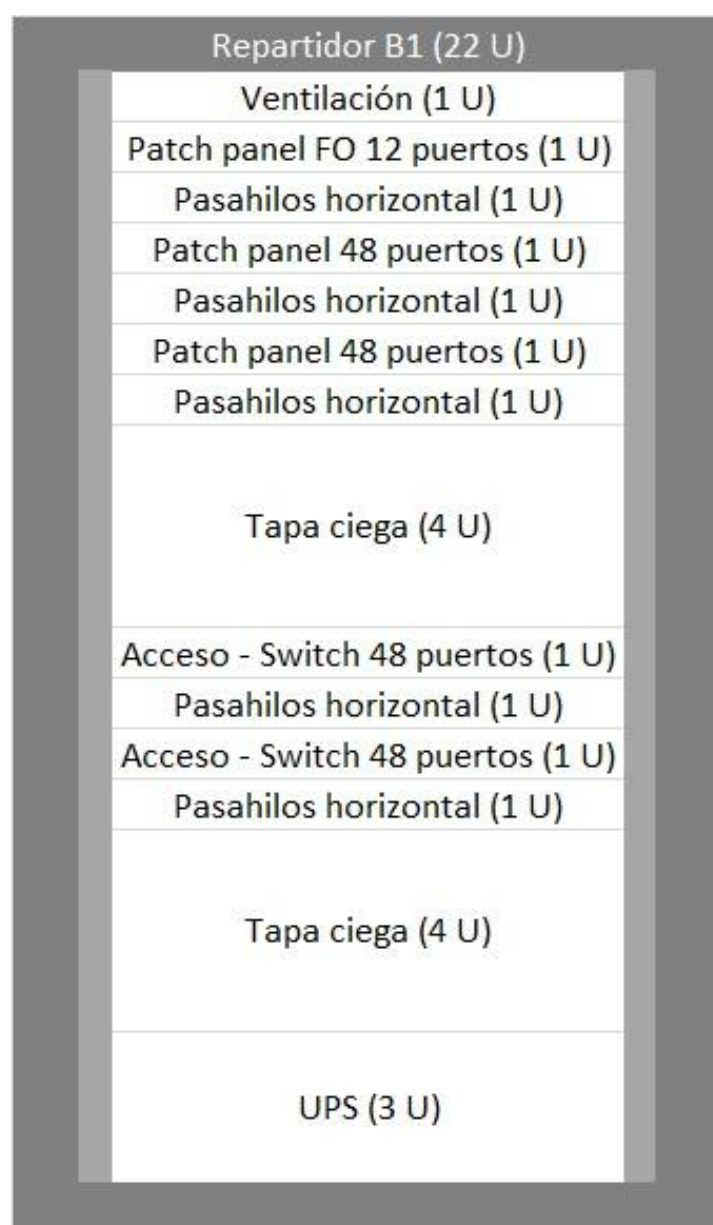


Figura 38. Repartidor de la 1ª planta del edificio B.

### 3.5. Topología física

En este apartado se tiene el plano de la topología física del cableado. En él se ven las conexiones entre los repartidores que se vieron en el apartado anterior.

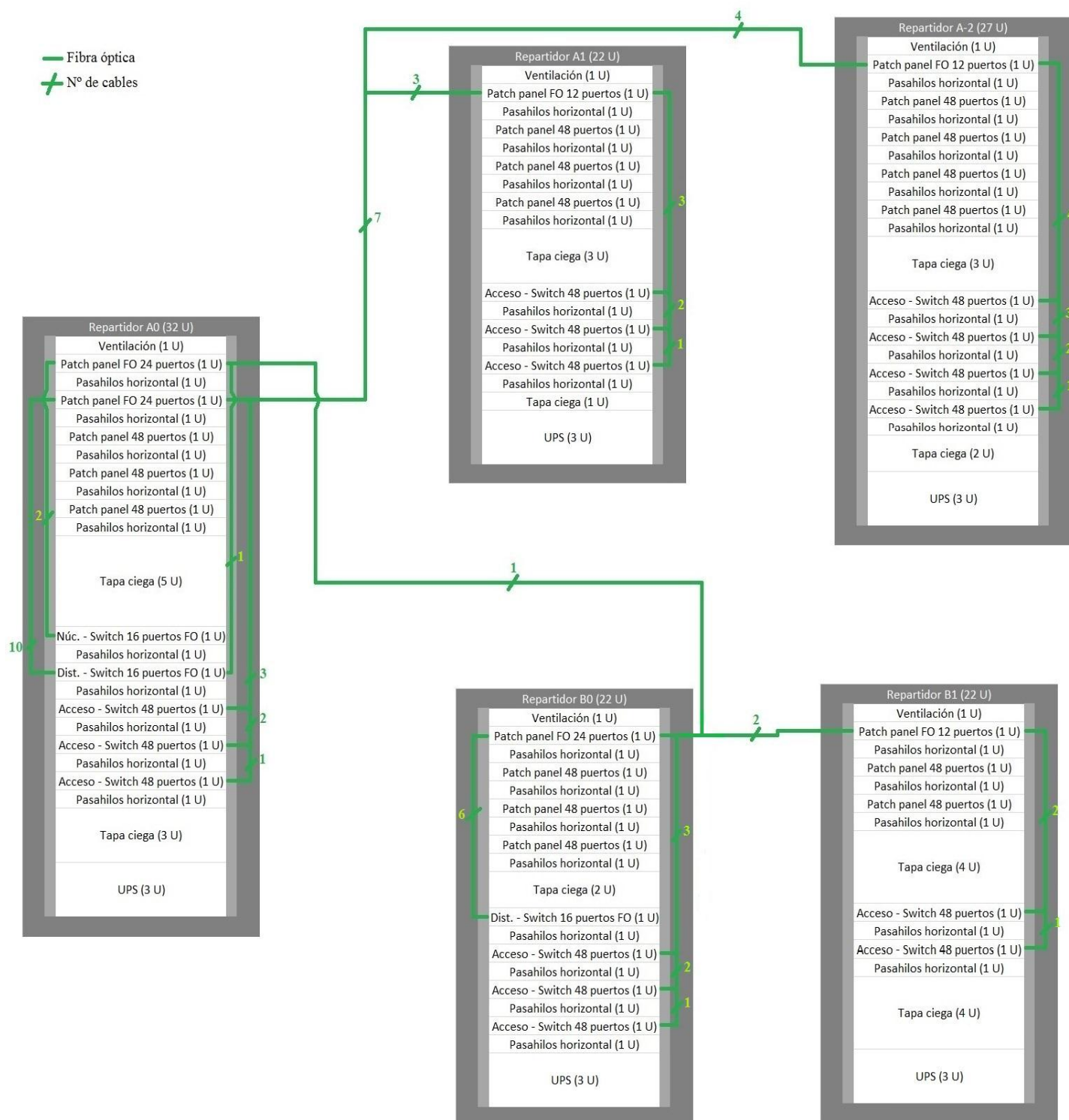


Figura 39. Topología física de la red.

### 3.6. Topología lógica

En este apartado se tiene el plano de la topología lógica del cableado. En él se ven las conexiones entre los switches de las distintas capas, indicando a qué repartidor pertenece cada switch.

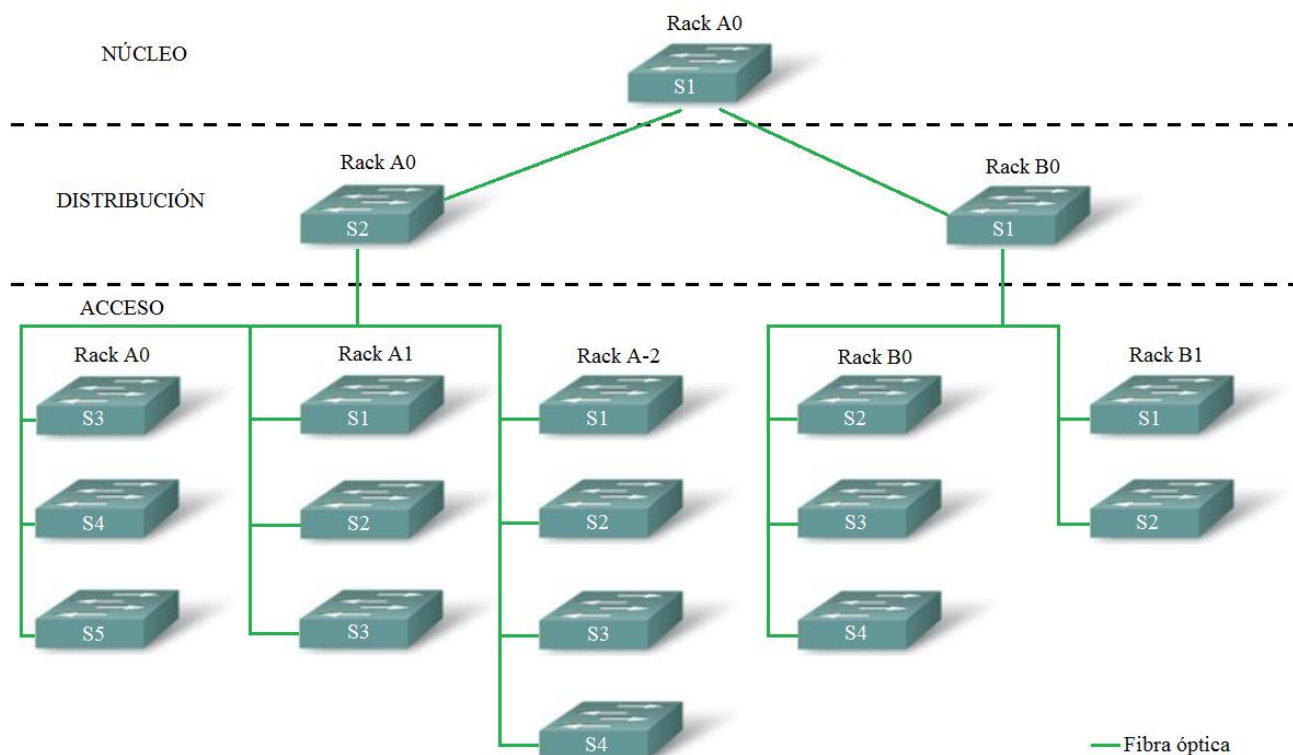


Figura 40. Topología lógica de la red

### 3.7. Distribución de VLANs

En este apartado se verá gráficamente la distribución de las VLANs en los puertos de los switches de la capa de acceso. Los switches están nombrados de igual forma que en la topología lógica.



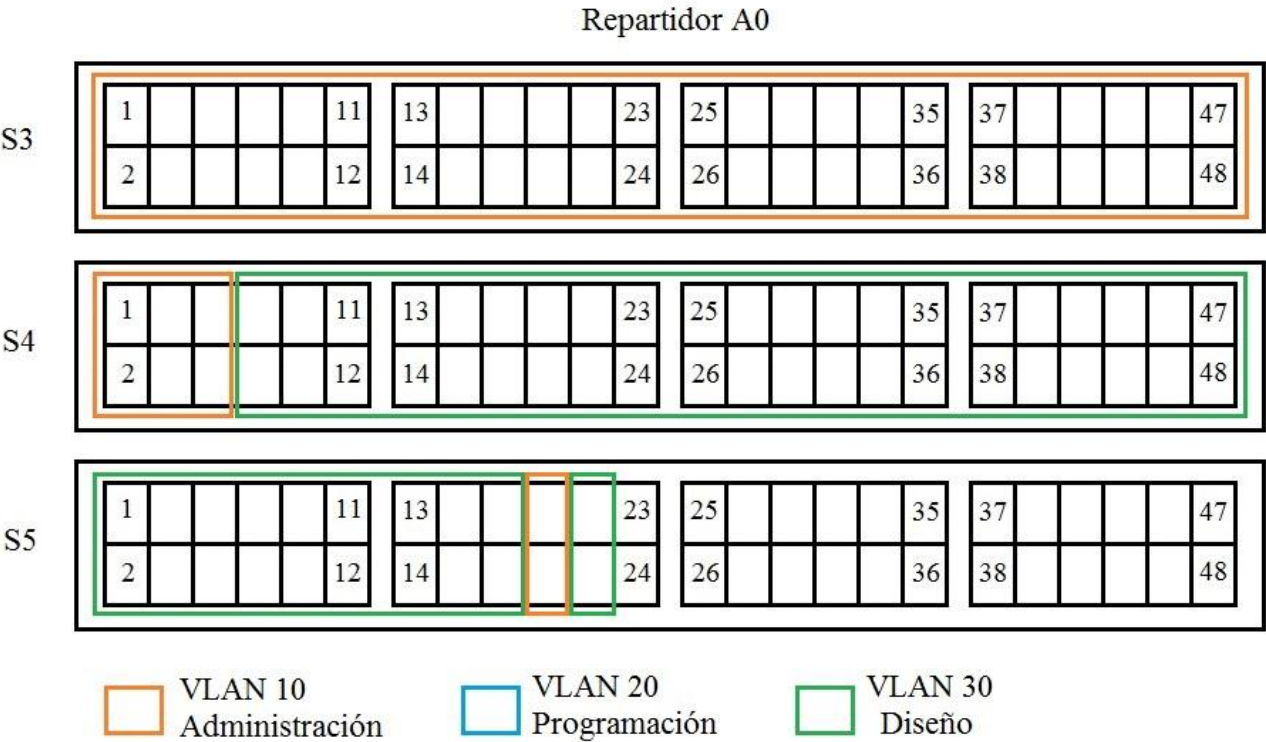


Figura 41. VLANs en los switches de la capa de acceso del repartidor A0

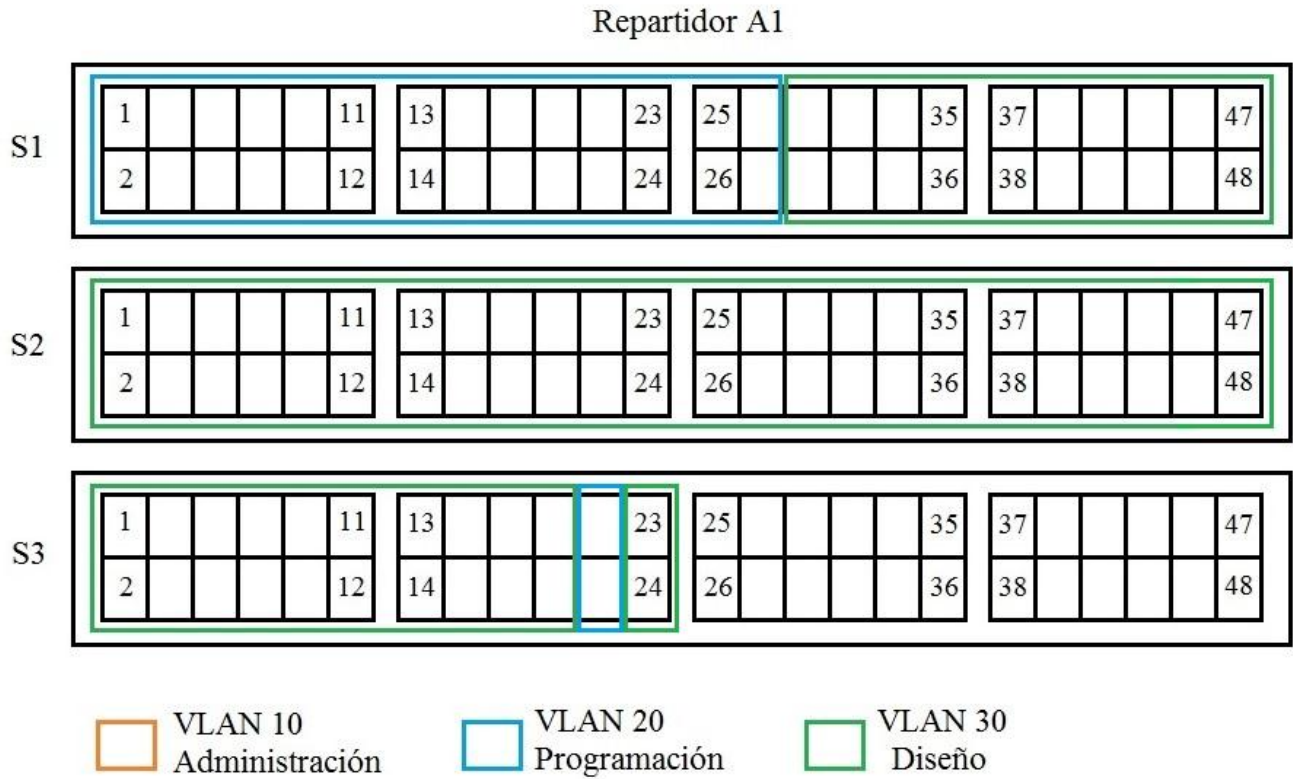


Figura 42. VLANs en los switches de la capa de acceso del repartidor A1

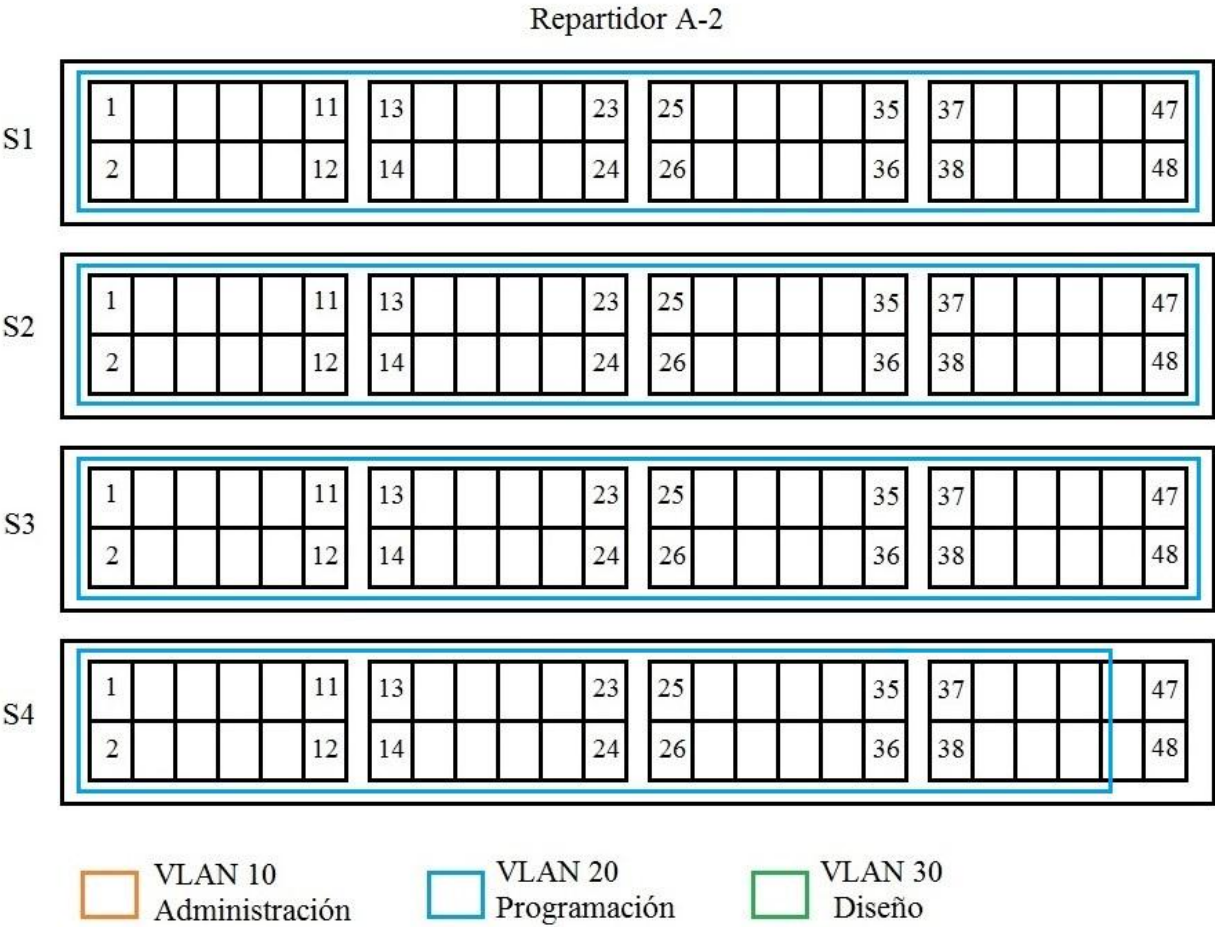


Figura 43. VLANs en los switches de la capa de acceso del repartidor A-2

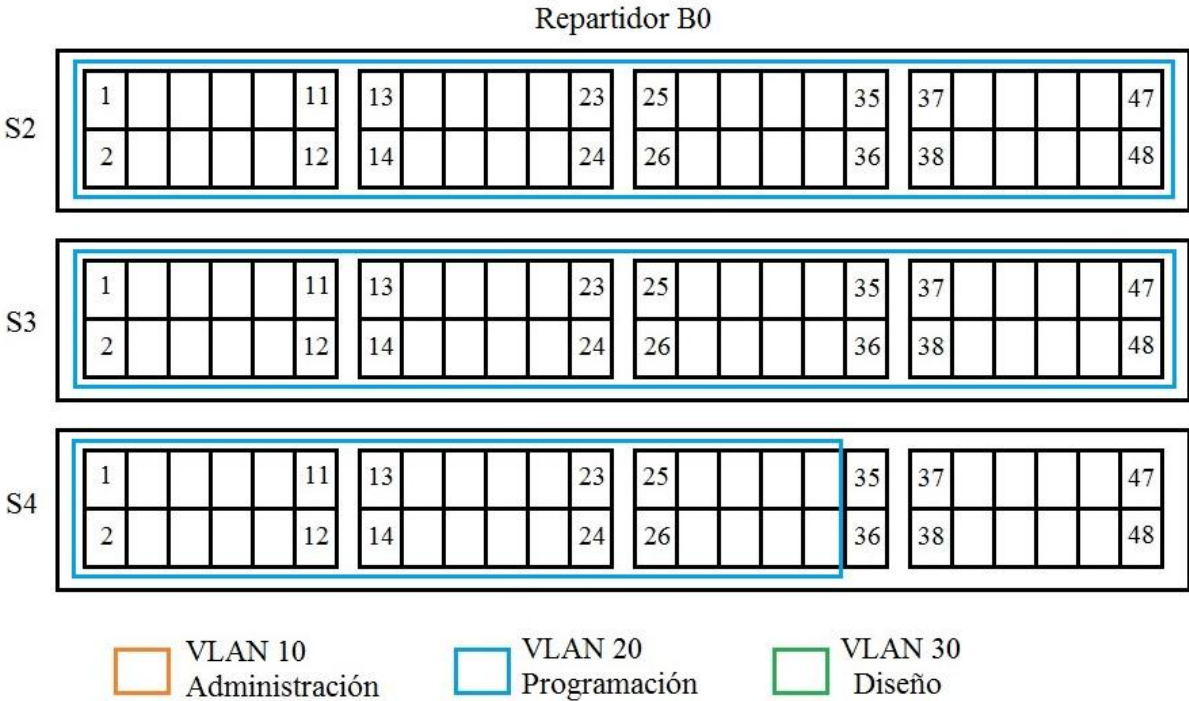


Figura 44. VLANs en los switches de la capa de acceso del repartidor B0



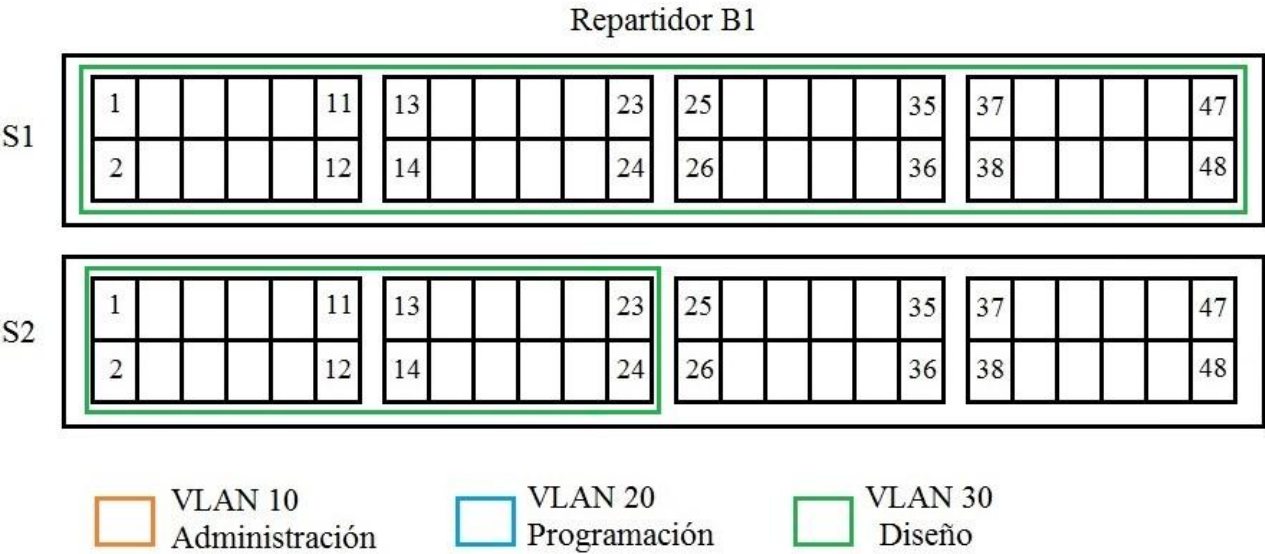


Figura 45. VLANs en los switches de la capa de acceso del repartidor B1



## Capítulo 4

# Pliego de condiciones



# Índice del Pliego de condiciones

4.1.	Condiciones de ejecución .....	173
4.1.1.	Partidas de obra .....	173
4.1.2.	Dirección de obra y ejecución material .....	175
4.1.3.	Procedimientos de ejecución .....	175
4.1.4.	Normas de rotulación .....	176
4.2.	Prescripciones técnicas .....	177
4.2.1.	Cableado de cobre .....	177
4.2.2.	Conector RJ-49 .....	183
4.2.3.	Latiguillos de parcheo de Categoría 6A en repartidores .....	183
4.2.4.	Fibra óptica .....	183
4.2.5.	Conectores LC dúplex .....	184
4.2.6.	Latiguillos de parcheo de fibra óptica en repartidores .....	184
4.2.7.	Tomas de telecomunicaciones .....	184
4.2.8.	Repartidores .....	185
4.2.9.	Patch Panels .....	185
4.2.10.	Switches .....	186
4.2.11.	UPS .....	186
4.2.12.	Canaletas .....	186
4.3.	Condiciones de certificación .....	186
4.3.1.	Generalidades .....	186
4.3.2.	Parámetros y medidas a realizar .....	187
4.3.3.	Formato de certificación .....	187



En este capítulo se estudiarán las distintas partidas de obras del proyecto, así como todos los materiales que se usarán en el mismo. Además, se tendrán las condiciones de certificación.

## **4.1. Condiciones de ejecución**

### **4.1.1. Partidas de obra**

De acuerdo con el alcance del apartado 1.2 Alcance y la planificación mostrada en el diagrama de Gantt en el apartado 1.10 Planificación se dividirá el proyecto en varias partidas de obra.

#### **Diseño del proyecto**

El proyecto comienza en su diseño. Para realizar el diseño del proyecto, en primer lugar se debe hacer un estudio teórico previo que incluya tanto los planos de los edificios a cablear como la velocidad que se espera de la red a instalar. En este caso, dicha velocidad será 1000BASE-T para el cableado de cobre, el cual se usará para el cableado horizontal, y 10GBASE-SR para el cableado de fibra óptica, el cual se usará en el cableado troncal (tanto en el cableado vertical dentro de cada edificio como el de campus).

En este proyecto se trabajará con dos edificios, los cuales han sido llamados edificio A y edificio B. El edificio A consta de 6 plantas, siendo tres de ellas sótanos, mientras que el edificio B sólo consta de 2 plantas. En los planos de ambos edificios se pueden observar todos los puestos de trabajos que serán necesarios. Una vez que se sabe dónde se encuentran dichos puestos y cuántos son, se podrá saber cuántas tomas de telecomunicaciones serán necesarias y dónde.

Cuando se tiene claro el número de tomas de telecomunicaciones, así como el lugar de cada una de ellas, se puede pasar al diseño del cableado horizontal y vertical. En primer lugar se tendrán que seleccionar los lugares de los edificios que funcionarán como cuarto de equipos para alojar los distintos repartidores. En el edificio A se tendrán 3 repartidores situados en las plantas 0, 1 y -2, mientras que en el edificio B se tendrán 2 repartidores situados en las plantas 0 y 1. Antes de realizar el diseño del cableado horizontal necesario en cada edificio hace falta saber cuántos switches serán necesarios en cada repartidor para realizar las conexiones con las tomas de telecomunicaciones en cada planta. Además, para poder diseñar el cableado vertical de cada edificio y el cableado de campus que unirá los dos edificios, hará falta saber cuántos switches se dedicarán a las capas de distribución y núcleo, así como la forma en la que irán conectados los switches de la capa de núcleo con los de la capa de distribución y los switches de la capa de distribución con los de la capa de acceso.

Una vez se tienen posicionados los repartidores y las tomas de telecomunicaciones y se tiene definidos cuántos switches se tienen en cada capa y cómo van a conectarse, se pasará al diseño del cableado horizontal necesario en cada planta, teniendo en cuenta que a 3 plantas del edificio A se les dará soporte con repartidores que se encuentran en otras plantas. Estas plantas son la planta 2, la cual recibirá el cableado desde el

repartidor de la planta 1, la planta -1, la cual lo recibirá de la planta 0, y la planta -3, la cual lo recibirá de la planta -2. En este punto también se realizará el diseño del cableado vertical dentro de cada edificio, conectando la capa de núcleo con la de distribución, y la capa de distribución con la de acceso. Además, se tendrá también la conexión entre edificios, la cual se forma en la conexión entre la capa de núcleo (situada en el edificio A) con la capa de distribución del edificio B.

Cuando ya se tiene el diseño del cableado horizontal y vertical, se pasará a seleccionar tanto el cableado que se usará dependiendo de la velocidad necesaria en la red, como los dispositivos. En el caso que ocupa a este proyecto, el cableado horizontal se hará con cableado de cobre, del cual se debe seleccionar la Categoría con la que se trabajará y la clase para ser capaz de darle soporte a Ethernet 1000BASE-T. En el caso del cableado troncal se usará fibra óptica adecuada para darle soporte a Ethernet 10GBASE-SR, con lo cual también será necesaria una elección de Categoría y clase para la fibra óptica. Para elegir un dispositivo se debe tener en cuenta el número de puertos con el que se trabajó en el punto anterior, así como la velocidad que pueden llegar a alcanzar dichos puertos. Además, se debe tener en cuenta que dependiendo de la capa en la que se encuentren, los switches deben cumplir un conjunto de requisitos mostrados en el capítulo 2.

Al igual que deben realizarse planos para el cableado horizontal, vertical y de campus, se realizarán planos para los repartidores que muestren la disposición de todos los elementos de cada repartidor en su interior.

Se tendrá en cuenta también la elección en este punto de los UPS a utilizar en los repartidores.

Cuando se sepa con exactitud qué materiales se utilizarán y la cantidad de cada uno de ellos se podrá hacer un presupuesto para el proyecto.

### **Instalación del cableado**

Una vez se tengan los planos de todo el cableado que es necesario instalar en la red de cableado estructurado del conjunto de edificios, la empresa Encuétralo Online, para la que se realiza este proyecto, se encargará de contratar a otra empresa que esté capacitada para colocar el cableado tanto vertical, como horizontal y de campus. Esta tercera empresa deberá seguir los planos de cableado vertical, horizontal y de campus que se les proporcione. En primer lugar será necesario colocar todos los cables, ya sea del cableado horizontal, vertical o de campus. Tras colocarlos, se tendrán que instalar los conectores necesarios en los extremos de los cables, tanto en el caso del cableado horizontal como en el caso de la fibra óptica.

Tras colocar los cables e instalar los conectores, se procederá a la identificación de cada cable mediante un etiquetado en cada uno de sus extremos. Este etiquetado debe seguir el apartado 4.1.4. Normas de rotulación.

Por último se colocarán las tomas de telecomunicaciones necesarias según lo visto en la fase de diseño.



### **Certificación del cableado**

Al igual que en el caso anterior, la empresa Encuéntralo Online (para la que se realiza este proyecto) deberá contratar a otra empresa que esté capacitada para realizar la certificación de todo el cableado, tanto de cobre como de fibra óptica. Una vez lo haga, dicha empresa deberá dar su visto bueno al cableado instalado en el caso de que pase todas las pruebas de forma positiva. En el caso de que haya algún problema a la hora de la certificación, la empresa contratada debe dar parte de dicho problema para poder realizar los cambios necesarios en el cableado para solucionarlo y que así sea posible pasar correctamente la certificación.

### **Instalación y configuración de dispositivos**

En esta última fase se procederá a instalar y configurar los switches. Para instalar los dispositivos se seguirán los planos proporcionados del interior de cada repartidor. Además, se deberán instalar los UPSs en los repartidores. Cuando se tenga todo instalado se configurarán los switches para que funcionen correctamente en la red que se ha creado.

#### **4.1.2. Dirección de obra y ejecución material**

La dirección de obra debe dirigir, controlar y supervisar la ejecución material de la instalación del sistema de cableado siguiendo lo indicado en el Pliego de condiciones. Debe subsanar los problemas que surjan durante la instalación siguiendo la normativa vigente y las indicaciones recogidas en el proyecto.

Las funciones del director de obra son:

- Desarrollar los procedimientos de ejecución que se encuentran en el Pliego de condiciones.
- Elaborar los planes de trabajo, así como las órdenes para llevar a cabo la obra.
- Poner en marcha el sistema y realizar pruebas iniciales.
- Seguir los trabajos y recepción de la obra.
- Controlar que se cumplen las normas de seguridad e higiene mientras se trabaja.
- Dar su visto bueno o rechazar las partes que estén terminadas de la instalación.
- Realizar pruebas finales antes de comenzar la certificación.

#### **4.1.3. Procedimientos de ejecución**

El procedimiento de ejecución debe seguir la norma EN 50174, en la cual se tiene lo siguiente [21]:

### Instalación del cableado

- Al realizar la tirada del cable, los instaladores deberán evitar todas las torceduras y los tirones, así como radios de curvatura inferiores a 5 cm. Además, se deben minimizar los cruces de los cables de datos con los cables de corriente.
- Para permitir el conexionado en el armario de distribución del cableado horizontal con el patch-panel correspondiente, habrá que dejar 2 m de margen de cable. Esto permitirá el movimiento frontal del patch-panel una vez realizado el conexionado en el caso de que fuera necesario manipularlo en el futuro.
- Todos los cables deben ser etiquetados tanto en el extremo del panel como en el extremo de la roseta. Esta etiquetación se hará bien con una brida o con un sistema similar, según las normas de etiquetado especificadas por el director de obra.

### Conexión de las rosetas

- Tras conectar los cables a las rosetas, es necesario fijarlas a la caja de datos sin que el cable sufra torceduras.
- Etiquetar las rosetas siguiendo la rotulación del proyecto.

### Conexión de los patch panels

- Cuando se localice un cable en el armario se procederá de la misma forma que en el caso de las rosetas para preparar el cable para su conexión al panel.
- La conexión de los cables a los paneles se realizará par a par. Se utilizará una máquina de precisión indicada por el director de obra y se seguirá la configuración dada por el mismo. No se destrenzará ningún par más de 13 mm para conectarlo en el pin correspondiente del panel.
- Cuando las conexiones estén realizadas, se fijarán los cables en la parte posterior del armario y se etiquetarán las tomas del patch-panel siguiendo las normas de rotulación de este proyecto.

#### 4.1.4. Normas de rotulación

El etiquetado de los cables en este proyecto se hará siguiendo el formato:

Repartidor . Planta en la que termina la conexión . Switch del repartidor . Puerto del switch

El repartidor se identificará mediante una letra y un número. La letra hará referencia al edificio en el que se encuentra el repartidor, pudiendo ser A o B. El número hará referencia a la planta del edificio en el que se encuentra el repartidor. Por ejemplo, el repartidor A0 se encuentra en el edificio A en la planta 0.

Los switches estarán numerados en cada repartidor, siendo el número 1 el que se encuentre más arriba. El número aumenta conforme se baja en el repartidor.

Las conexiones de las rosetas se harán de tal forma que la conexión de la izquierda será la correspondiente al puerto anterior a la conexión de la derecha. Por ejemplo, si en una roseta se tienen los puertos A0.0.3.2 y A0.0.3.3, el puerto número 2 irá a la conexión de la izquierda y el puerto 3 a la derecha. Si se tiene un cambio al siguiente switch se trabajará de forma que el anterior switch irá a la izquierda y el siguiente a la derecha. Por ejemplo, si se tienen los puertos A0.0.3.48 y A0.0.4.1, el puerto 48 irá a la izquierda y el puerto 1 a la derecha.

Las rosetas se etiquetarán conforme a las conexiones que contenga. Si una roseta contiene las conexiones A1.1.3.3 y A1.1.3.4, su etiqueta será A1.1.3-4.

Los switches se etiquetarán siguiendo el formato:

Repartidor+S+n° de switch

Donde el repartidor vendrá indicado por la letra del edificio en el que se encuentre más el número de planta en el que se encuentre el repartidor. El número de switch dependerá de la posición dentro de ese repartidor, empezando con el número 1 arriba del todo y aumentando conforme baja. Así, el primer switch del repartidor A0 será A0S1.

## **4.2. Prescripciones técnicas**

En este apartado se describirán las características técnicas de los materiales y equipos a utilizar que se vieron en la Memoria y en los Planos.

### **4.2.1. Cableado de cobre**

En este proyecto se trabaja con cableado de Categoría 6A bajo las prestaciones de la Clase Ea. Esta clase es capaz de trabajar hasta a 500 MHz. El cableado de Categoría 6A es capaz de trabajar hasta a 10 Gb/s y 500 MHz. El cable de Categoría 6A es un cable de par trenzado que consta de 4 pares de hilos trenzados, de forma que se eliminan problemas de interferencias y diafonía. El tipo de cableado que se utilizará es S/FTP, lo cual implica que cada par poseerá un blindaje individual, además del blindaje global que tendrá alrededor de los 4 pares. Es un cableado que posee una cubierta de tipo LSZH (Low Smoke Zero Halogen), lo cual hace que si se incendiara el cableado produjera menos gas tóxico y corrosivo que si la cubierta no fuera de este tipo. Cada par está cubierto por una capa de aluminio.

El cable cumple el estándar sobre protección contra incendios IEC 60754-2 e IEC 61034. Además, cumple las normas ISO 61156-5 ed 2 y ANSI/TIA/EIA 568C.

El aislamiento del cable es de poliolefina celular y mide 1'36 mm. Por otra parte, el tipo de conductor es 23 AWG, y el diámetro del cable en total es de 7'2 mm.

El fabricante del cable elegido es Brand-Rex [22] y se comprarán en bobinas de 100 metros.

A continuación se verán las características técnicas del cableado de Categoría 6A.

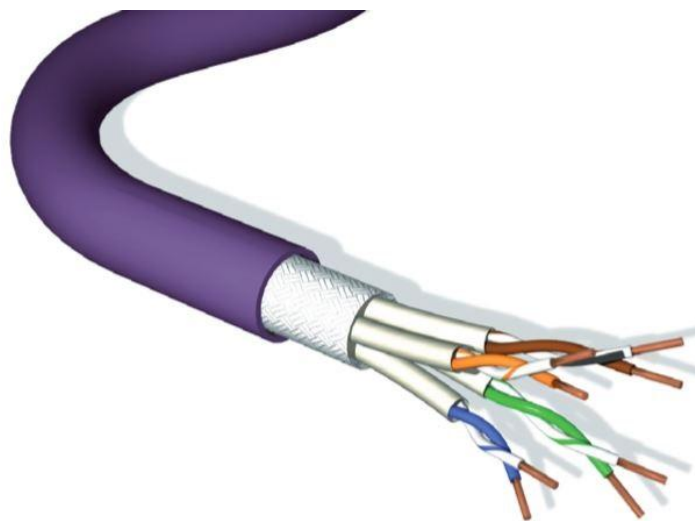


Figura 46. Cableado de Categoría 6A S/FTP

En la siguiente tabla se verán las características eléctricas del cable seleccionado a 20°C.

	Especificaciones	Funcionamiento normal
<b>Resistencia de bucle conductor</b>	Máx. 19 $\Omega$ / 100m	14 $\Omega$ / 100m
<b>Desequilibrio de la resistencia del conductor</b>	Máx. 2%	0'5%
<b>Resistencia dieléctrica</b>	1kV cc o 0'7kV ca en 1 min	100% en proceso de prueba
<b>Resistencia del aislamiento</b>	> 500 M $\Omega$ a 100-500 V tensión de prueba	> 5G $\Omega$ km
<b>Asimetría de capacidad a tierra</b>	Máx. 120 pF / 100m	80 pF / 100m
<b>Velocidad de propagación</b>	< 537'6 ns / 100m a 100 MHz	< 412 ns / 100m a 100 MHz (NVP para controladores manuales = 0'81)
<b>Inclinación</b>	Máx. 20 ns / 100m a 100 MHz	5 ns / 100m a 100 MHz
<b>Promedio de impedancia característica</b>	100 $\Omega$ +/- 5 $\Omega$ a 100 MHz	100 $\Omega$ +/- 3 $\Omega$ a 100 MHz

<b>Impedancia de transferencia</b>	Máx. 100 mΩ / m a 10 MHz	5 mΩ / m a 10 MHz (ISO 61156 cable 1 de cubierta)
<b>Atenuación de acoplamiento hasta 1 GHz</b>	Mín. 55 dB	75 dB

Tabla 62. Características eléctricas del cable 6A a 20°C

A continuación se verán las características del cable de Categoría 6A en comparación con el cable de Categoría 6 del mismo fabricante. Para ello, en primer lugar se verán las características de la Categoría 6.

**Pérdida por inserción (dB / 100m)**

<b>Frecuencia (MHz)</b>	<b>Pérdida por inserción</b>	
	<b>Especificación</b>	<b>Típico</b>
<b>1</b>	2'1	1'9
<b>4</b>	3'8	3'5
<b>10</b>	6'0	5'5
<b>16</b>	7'6	7'0
<b>20</b>	8'5	7'8
<b>31'25</b>	10'7	9'9
<b>62'5</b>	15'5	14'1
<b>100</b>	19'9	18'0
<b>155</b>	25'3	22'7
<b>200</b>	29'1	26'1
<b>250</b>	33'0	29'4
<b>300</b>	na	32'5
<b>600</b>	na	47'6

Tabla 63. Pérdida por inserción del cableado de Categoría 6

**NEXT y PSNEXT (dB)**

Frecuencia (MHz)	NEXT		PSNEXT	
	Especificación	Típico	Especificación	Típico
<b>1</b>	66'0	100'0	64'0	97'0
<b>4</b>	65'3	100'0	63'3	97'0
<b>10</b>	59'3	100'0	57'3	97'0
<b>16</b>	56'2	100'0	54'2	97'0
<b>20</b>	54'8	100'0	52'8	97'0
<b>31'25</b>	51'9	100'0	49'9	97'0
<b>62'5</b>	47'4	98'0	45'4	95'0
<b>100</b>	44'3	94'3	42'3	91'3
<b>155</b>	41'4	90'9	39'4	87'9
<b>200</b>	39'8	88'9	37'8	85'9
<b>250</b>	38'3	87'1	36'3	84'1
<b>300</b>	na	85'7	na	82'7
<b>600</b>	na	80'3	na	77'3

Tabla 64. NEXT y PSNEXT del cableado de Categoría 6

**ELFEXT y PSELFEXT (dB / 100m)**

Frecuencia (MHz)	ELFEXT		PSELFEXT	
	Especificación	Típico	Especificación	Típico
<b>1</b>	66'0	90'0	64'0	87'0
<b>4</b>	58'0	90'0	55'0	87'0
<b>10</b>	50'0	90'0	47'0	87'0
<b>16</b>	45'9	86'7	42'9	83'7
<b>20</b>	44'0	84'8	41'0	81'8
<b>31'25</b>	40'1	80'9	37'1	77'9

<b>62'5</b>	34'1	74'9	31'1	71'9
<b>100</b>	30'0	70'8	27'0	67'8
<b>155</b>	26'2	67'0	23'2	64'0
<b>200</b>	24'0	64'8	21'0	61'8
<b>250</b>	22'0	62'8	19'0	59'8
<b>300</b>	na	1'3	na	58'3
<b>600</b>	na	55'2	na	52'2

Tabla 65. ELFEXT y PSELFEXT del cableado de Categoría 6

**Pérdida por retorno (dB / 100m)**

<b>Frecuencia (MHz)</b>	<b>Pérdida por retorno</b>	
	<b>Especificación</b>	<b>Típico</b>
<b>1</b>	23'0	30'0
<b>4</b>	23'0	30'0
<b>10</b>	25'0	30'0
<b>16</b>	25'0	30'0
<b>20</b>	25'0	30'0
<b>31'25</b>	23'6	28'6
<b>62'5</b>	21'5	26'5
<b>100</b>	20'1	25'1
<b>155</b>	18'8	23'8
<b>200</b>	18'0	23'0
<b>250</b>	17'3	22'3
<b>300</b>	na	21'8
<b>600</b>	na	19'7

Tabla 66. Pérdida por retorno del cableado de Categoría 6

**ACR y PSACR (db / 100m)**

<b>Frecuencia (MHz)</b>	<b>ACR Típico</b>	<b>PSACR Típico</b>
<b>1</b>	96'5	93'5
<b>4</b>	96'5	93'5
<b>10</b>	94'5	91'5
<b>16</b>	93'0	90'0
<b>20</b>	92'2	89'2
<b>31'25</b>	90'1	87'1
<b>62'5</b>	83'9	80'9
<b>100</b>	76'3	73'3
<b>155</b>	68'1	65'1
<b>200</b>	62'8	59'8
<b>250</b>	57'7	54'7
<b>300</b>	53'3	50'3
<b>600</b>	32'6	29'6

Tabla 67. Pérdida por retorno del cableado de Categoría 6

**Margen extra VS Cat6**

A continuación se verá el margen extra que proporciona la Categoría 6A frente a la Categoría 6 en las características mostradas anteriormente.

	<b>Margen extra VS Cat6 (250 MHz)</b>	<b>Margen extra VS Cat6 (500 MHz)</b>
<b>Pérdida por retorno</b>	5 dB	5 dB
<b>Pérdida por inserción</b>	6%	2%
<b>SIGUIENTE</b>	20 dB	20 dB
<b>PSNEXT</b>	20 dB	20 dB
<b>ELFEXT</b>	15 dB	15 dB



<b>PSELFEXT</b>	15 dB	15 dB
<b>PSANEXT</b>	D	10 dB
<b>PSAELFEXT</b>	D	10 dB

Tabla 68. Margen de la Categoría 6A frente a la Categoría 6

Todos los parámetros anteriores se deben tener en cuenta a la hora de realizar la certificación del cableado horizontal.

#### 4.2.2. Conector RJ-49

El conector RJ-49 macho de Categoría 6A es el que se usará en los extremos del cableado de cobre para realizar las conexiones. Es similar al conector RJ-45, con la diferencia de que posee una cubierta metálica que hará contacto con el blindaje del cable de Categoría 6A S/FTP. El fabricante es OPENETICS [23].



Figura 47. Conector RJ-45 a la izquierda y RJ-49 a la derecha

#### 4.2.3. Latiguillos de parcheo de Categoría 6A en repartidores

Los latiguillos de parcheo deben ser de Categoría 6A y utilizar conectores RJ-49. Se utilizarán para conectar los switches con los patch panels en los repartidores. Ya que no se encuentran en el mercado prefabricados con conectores RJ-49, se montarán en la etapa de instalación del cableado con una longitud entre 1 y 1'5 metros dependiendo de la necesidad de cada cable.

#### 4.2.4. Fibra óptica

La fibra óptica a utilizar en el cableado troncal de la red de cableado estructurado será fibra óptica multimodo que sea capaz de trabajar con la tecnología 10GBASE-SR, con la cual se pueden realizar transmisiones de 850 nm sobre fibras multimodo alcanzando distancias de hasta 300 m. Esta fibra trabajará bajo las prestaciones de la Clase OF-300 y la Categoría OM3. Las características técnicas de la Clase OF-300 se pueden ver en el apartado 2.4.8. Prestaciones de canal en edificios de oficina. Según lo indicado en el estándar ISO/IEC 11801, la Categoría OM3 tiene un núcleo cuyo diámetro es de 50  $\mu\text{m}$ ,

una longitud de onda de 850 nm y un ancho de banda de 1500 MHz. Además, su atenuación es de 3'5 dB.

Se utilizará un cable que lleve dos fibras para los conectores LC dúplex. El fabricante es LightMax [24].

Cumple el estándar sobre protección contra incendios IEC 60332-1, IEC 60754-1 y 2 e IEC 61034-1 y 2.

Este es el tipo de cableado que se utilizará en el cableado troncal de la red, formando así tanto el cableado de campus como el cableado vertical de cada edificio.

#### 4.2.5. Conectores LC dúplex

Los switches tanto de capa de acceso como de las capas de distribución y núcleo utilizan módulos SFP+ cuyas conexiones se realizan mediante conectores LC dúplex. Estos utilizan dos conexiones LC.



Figura 48. Conectores LC dúplex

Estos conectores se usarán en los latiguillos de parcheo.

#### 4.2.6. Latiguillos de parcheo de fibra óptica en repartidores

Los latiguillos de parcheo de fibra óptica deben ser OM3 y utilizar conectores LC dúplex en ambos extremos. Se utilizarán para conectar los switches con los patch panels en los repartidores.

Estos latiguillos serán de 2 metros. El fabricante es DIGITUS [25].

#### 4.2.7. Tomas de telecomunicaciones

Las tomas de telecomunicaciones se distribuirán mediante cajas de pares empotradas en la pared. Las rosetas utilizadas trabajan con la Categoría 6A y Clase Ea. Están fabricadas por DIGITUS [26].

#### 4.2.8. Repartidores

Se usarán repartidores de tres tamaños distintos, los cuales son: 22 U, 27 U y 32 U. Esto es debido a las diferentes necesidades de cada uno de ellos. Los repartidores forman parte de la serie de repartidores I700 de la empresa RackOnline [27], y serán de 19" con un ancho de 600 mm y una profundidad de 800 mm. Las especificaciones técnicas de esta serie de repartidores se tiene en el Anexo A al final del documento. En la figura 59 se tiene una muestra de un repartidor de 32 U.



Figura 49. Repartidor de 32 U de la serie I700.

#### 4.2.9. Patch Panels

En los repartidores se usarán tanto patch panels de fibra óptica como de cable de cobre. Los patch panels de fibra óptica deberán soportar conectores LC dúplex multimodo y se usarán de 12 puertos y de 24 puertos. Tienen una altura en el repartidor de 1 U.

El fabricante del patch panel de 24 puertos de fibra óptica es Cables For Less [28] y del patch panel de 12 es Ultra Spec Cables [29].



Figura 50. Patch Panel de fibra óptica con 24 puertos LC dúplex multimodo

En el caso del cableado horizontal, se usarán patch panels de 48 puertos que trabajen con la Categoría 6A y soporten los conectores RJ-49. El fabricante es Primus Cable [30].

#### 4.2.10. Switches

El switch que se usará en la capa de acceso es el modelo Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L y se puede encontrar su ficha técnica en el Anexo A al final del documento. En dicho Anexo también se puede encontrar la ficha técnica del switch que se usará en las capas de distribución y núcleo, el cual es el modelo Cisco Catalyst 4500X-16SFP+. Además, el switch Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L hará uso de módulos SFP+ para realizar la conexión con la capa de distribución. Este módulo es el SFP-10G-SR, el cual trabaja con la tecnología Ethernet 10GBASE-SR. Posee un conector LC dúplex. El fabricante es SFP cables [31].

#### 4.2.11. UPS

Para tener bajo control los problemas que puedan surgir debido a la red eléctrica, se hará uso de los UPSs. El UPS que se utilizará en el este caso es el modelo APC ES-SRT5KXLI y su información técnica se encuentra en el Anexo A al final del documento.

#### 4.2.12. Canaletas

Las canaletas serán necesarias para cubrir el cableado tanto vertical como horizontal. Se utilizarán canales de 2 metros de 101x50 mm [32], así como ángulos interiores [33], exteriores [34], tapas [35], ángulos planos [36] y derivadores [37]. Las canaletas irán por la zona superior de la pared. Se utilizará canal pisable [38] para los cables que necesiten ir por el suelo.

### 4.3. Condiciones de certificación

#### 4.3.1. Generalidades

Cuando la instalación de la red finalice se debe proceder a la certificación. En primer lugar se verificarán los materiales instalados, comprobando que se ajustan tanto en distribución como en cantidad a las especificaciones dadas en la Memoria, los Planos y el Pliego de condiciones.

Tras ello, se verificarán todos los enlaces utilizando un equipo apropiado para dicha función. Este equipo debe ser capaz de medir las prestaciones de los enlaces hasta 600 MHz, según lo indicado en la norma EN 50173-1 para Clase F.

Se deben hacer tres tipos de certificaciones:

- **Cableado horizontal:** Se medirán todos los enlaces que formen un subsistema de planta. Debe llevarse a cabo inmediatamente después de la instalación de cada subsistema. Si se produce algún problema debe ser corregido por el instalador antes de seguir con la certificación.
- **Cableado troncal:** Se medirán todos los enlaces entre subsistemas horizontales. Debe llevarse a cabo inmediatamente después de la instalación del cableado troncal. Si se produce algún problema debe ser corregido por el instalador antes de seguir con la certificación.
- **Certificación final:** Se medirán parámetros globales que afecten a toda la red, indicando puntos críticos. Debe llevarse a cabo cuando se termine toda la instalación.

Cuando la empresa encargada de la certificación la termine, deberá informar sobre el estado de las mediciones realizadas, indicando si la red pasa la certificación o no.

#### 4.3.2. Parámetros y medidas a realizar

Se deben medir todos los parámetros que aparecen en la Memoria en el apartado 2.4.8. Prestaciones de canal en edificios de oficina, así como los que aparecen en el Pliego de condiciones en el apartado 4.2 Prescripciones técnicas.

#### 4.3.3. Formato de certificación

El resultado de la certificación debe presentarse en un formato que incluya:

- **Emplazamiento:** Localización indicando calle, paseo, plaza, etc. dependiendo del caso, nombre de la vía pública donde se encuentra la instalación, número, localidad, provincia y código postal.
- **Promotor:** Nombre y apellidos o razón social, calle, paseo, plaza, etc. dependiendo del caso, nombre de la vía pública donde se encuentra el domicilio, número, localidad, provincia y código postal y teléfono.
- **Instalador:** Nombre y apellidos o razón social, calle, paseo, plaza, etc. dependiendo del caso, nombre de la vía pública donde se encuentra el domicilio, número, localidad, provincia y código postal y teléfono.
- **Certificador:** Nombre y apellidos, calle, paseo, plaza, etc. dependiendo del caso, nombre de la vía pública donde se encuentra el domicilio, número, localidad, provincia y código postal y teléfono.

- **Características técnicas del sistema de cableado estructurado:** Se deben incluir todos los datos de la Memoria, el Pliego de condiciones y Planos que permitan caracterizar el sistema, como son el tipo de cableado y modelo, el número de tomas y sus ubicaciones y los fabricantes de los materiales y dispositivos.
- **Esquema sinóptico del sistema de cableado estructurado.**
- **Resumen de la normativa técnica de obligado cumplimiento:** En este apartado debe incluirse la normativa sobre cableado, la normativa sobre compatibilidad electromagnética, la normativa de protección contra incendios y otras normativas aplicables.
- **Procedimiento de medida y equipo utilizado:** Se debe indicar los equipos utilizados a la hora de realizar las mediciones, así como el procedimiento seguido al realizarlas. Se realizarán medidas en ambos sentidos, usando los valores umbral indicados en la norma EN 50173 para enlaces de clase F. Además, se deben realizar comprobaciones sobre los distribuidores, las rosetas, la instalación, el cableado horizontal y troncal, la administración del sistema y la corrección funcional de la instalación.
- **Incidencias detectadas en la instalación:** Deben incluirse todos los problemas resultantes de la instalación del cableado.
- **Resultado de la certificación:** Si se consigue pasar la certificación, aquí debe incluirse lo siguiente:
  - El material empleado cumple las condiciones técnicas indicadas en la norma EN 50173-1, además de otras normativas aplicables a instalaciones de este tipo.
  - La certificación final ha podido producirse sin anomalías graves. Todos los enlaces funcionan correctamente a nivel Clase F según lo indicado en la norma EN 50173-1.

A este formulario se le añadirán las medidas realizadas en la certificación.

## Capítulo 5

# Mediciones





# Índice de Mediciones

5.1.	Instalación del cableado.....	193
5.1.1.	Cableado de Categoría 6A.....	193
5.1.2.	Conectores RJ-49.....	194
5.1.3.	Fibra óptica OM3 .....	194
5.1.4.	Latiguillos de parcheo de fibra óptica .....	195
5.1.5.	Repartidores.....	195
5.1.6.	Patch panel para cableado de Categoría 6A .....	196
5.1.7.	Patch panel para fibra óptica .....	196
5.1.8.	Canaletas.....	197
5.1.9.	Rosetas.....	197
5.2.	Instalación y configuración de dispositivos.....	198
5.2.1.	Switches.....	198
5.2.2.	UPS .....	199
5.2.3.	Módulos SFP+ para los switches de la capa de acceso .....	199
5.3.	Total de materiales y dispositivos .....	199



En este capítulo se mostrarán los materiales y dispositivos que son necesarios en las partidas de obra del Pliego de condiciones. También se mostrará la cantidad necesario de cada uno de ellos.

## 5.1. Instalación del cableado

### 5.1.1. Cableado de Categoría 6A

En la tabla siguiente se pueden ver los metros de cable de Categoría 6A necesarios en el edificio A.

Planta	Metros de cable
0	2067
1	2425
2	724
-1	1839
-2	3035
-3	4564
<b>Total</b>	<b>14654</b>

Tabla 69. Metros de cable de Categoría 6A en el edificio A

En la tabla siguiente se pueden ver los metros de cable de Categoría 6A necesarios en el edificio B.

Planta	Metros de cable
0	3989'8
1	2421'5
<b>Total</b>	<b>6411'3</b>

Tabla 70. Metros de cable de Categoría 6A en el edificio B

Además, como se dijo anteriormente los latiguillos se fabricarán en la etapa de instalación, así que se debe tener en cuenta el cable necesario para ello. Para cada latiguillo se usará 1'5 m de cable, haciendo un total de 628'5 m en el edificio A para latiguillos y 301'5 m en el edificio B. En total son necesarios 942 m para la fabricación de latiguillos.

Repartidor	Latiguillos	Metros
A0	118	177
A1	120	180
A-2	188	282

Tabla 71. Metros de latiguillos de parcheo en el edificio A

Repartidor	Latiguillos	Metros
B0	130	195
B1	72	108

Tabla 72. Metros de latiguillos de parcheo en el edificio B

Por lo tanto, el total de metros de cable de Categoría 6A es de 22007'3 metros.

### 5.1.2. Conectores RJ-49

Sólo es necesario comprar los conectores utilizados en los latiguillos de parcheo de los repartidores. En la tabla 73 se pueden ver los conectores necesarios en cada repartidor.

Repartidor	Latiguillos	Conectores
A0	118	236
A1	120	240
A-2	188	376
B0	130	260
B1	72	144

Tabla 73. Conectores necesarios en cada repartidor

Por lo tanto, hace falta un total de 1256 conectores.

### 5.1.3. Fibra óptica OM3

En la tabla siguiente se pueden ver los metros de fibra óptica necesarios en las conexiones entre repartidores.

Conexión	Metros
Desde A0 a A1	24
Desde A0 a A-2	188
Desde A0 a B0	87'4
Desde B0 a B1	23'4
<b>Total</b>	<b>322'8</b>

Tabla 74. Metros de fibra óptica en el edificio A

Por lo tanto, el total de metros de fibra óptica es de 322'8 m.

#### 5.1.4. Latiguillos de parcheo de fibra óptica

Se utilizarán latiguillos de fibra óptica prefabricados con conectores LC dúplex en ambos extremos para conectar los switches con los patch panels en los repartidores. En la siguiente tabla se ven los latiguillos necesarios en cada repartidor:

Repartidor	Latiguillos
A0	16
A1	3
A-2	4
B0	9
B1	2

Tabla 75. Latiguillos de parcheo de fibra óptica

Por lo tanto, el número total de latiguillos de fibra óptica es 34.

#### 5.1.5. Repartidores

En el edificio A se tienen:

- Un repartidor de 32 U en la planta baja.
- Un repartidor de 22 U en la primera planta.
- Un repartidor de 27 U en la planta -2.

En el edificio B se tienen:

- Un repartidor de 22 U en la planta baja.
- Un repartidor de 22 U en la primera planta.

Todos estos repartidores forman parte de la serie I700 de la empresa RackOnline.

### **5.1.6. Patch panel para cableado de Categoría 6A**

Los patch panels de 48 puertos necesarios para el cableado de Categoría 6A en el edificio A son:

- Repartidor A0: 3 patch panels.
- Repartidor A1: 3 patch panels.
- Repartidor A-2: 4 patch panels.

Los patch panels necesarios para el cableado de Categoría 6A en el edificio B son:

- Repartidor B0: 3 patch panels.
- Repartidor B1: 2 patch panels.

Por lo tanto, son necesarios 15 patch panels de 48 puertos en total.

### **5.1.7. Patch panel para fibra óptica**

Los patch panels necesarios para fibra óptica en el edificio A son:

- Repartidor A0: 2 patch panels de 24 puertos.
- Repartidor A1: 1 patch panel de 12 puertos.
- Repartidor A-2: 1 patch panel de 12 puertos.

Los patch panels necesarios para fibra óptica en el edificio B son:

- Repartidor B0: 1 patch panel de 24 puertos.
- Repartidor B1: 1 patch panel de 12 puertos.

En total, son necesarios 3 patch panels de 24 puertos y 3 patch panels de 12 puertos.

### 5.1.8. Canaletas

En la tabla siguiente se pueden ver los metros de canaletas de 101x50 mm necesarios en el edificio A.

Planta	Metros	Ángulos interiores	Ángulos exteriores	Tapas	Ángulos planos	Derivadores T
0	106	8	1	0	5	12
1	173	12	1	0	10	21
2	103	7	1	0	7	4
-1	147	8	0	0	7	13
-2	209	15	1	1	14	27
-3	126	10	0	0	7	15
<b>Total</b>	864	60	4	1	50	92

Tabla 76. Metros de canaletas en el edificio A

En la tabla siguiente se pueden ver los metros de canaletas necesarios en el edificio B.

Planta	Metros	Ángulos interiores	Ángulos exteriores	Tapas	Ángulos planos	Derivadores T
0	194'5	11	2	3	10	28
1	261'3	24	2	0	21	9
<b>Total</b>	455'8	35	4	3	31	37

Tabla 77. Metros de canaletas en el edificio B

Por lo tanto, el total de metros de canaletas es de 1319'8 metros. Además, serán necesarios 95 ángulos interiores, 8 ángulos exteriores, 4 tapas, 81 ángulos planos y 129 derivadores en forma de T. Ya que cada unidad equivale a dos metros de canal, serán necesarias 660 unidades para cubrir los 1319'8 metros. Para cubrir los cables en las zonas que pasa por el suelo serán necesarios 62'3 metros, y dado que cada unidad de canal pisable mide 2 metros, serán necesarios 32 unidades de canal pisable.

### 5.1.9. Rosetas

En la tabla siguiente se pueden ver las rosetas necesarias en el edificio A.

Planta	Rosetas
0	28
1	49
2	11
-1	31
-2	55
-3	39
<b>Total</b>	213

Tabla 78. Rosetas en el edificio A

En la tabla siguiente se pueden ver las rosetas necesarias en el edificio B.

Planta	Rosetas
0	65
1	36
<b>Total</b>	101

Tabla 79. Rosetas en el edificio B

Por lo tanto, el total de rosetas es de 314.

## 5.2. Instalación y configuración de dispositivos

### 5.2.1. Switches

En la tabla siguiente se pueden ver los switches necesarios en toda la red.

Modelo	Cantidad
Cisco Catalyst 2960X-48TD-L	15
Cisco Catalyst 4500X-16SFP+	3

Tabla 80. Switches necesarios en la red.



### 5.2.2. UPS

En cada repartidor será necesario un UPS. Dado que hay 5 repartidores, serán necesarios 5 UPS. El UPS utilizado en este proyecto pertenece al fabricante APC y se trata del modelo APC ES-SRT5KXLI.

### 5.2.3. Módulos SFP+ para los switches de la capa de acceso

Los switches de la capa de acceso necesitan módulos SFP+ para realizar la conexión con la capa de distribución. Este módulo es el SFP-10G-SR, el cual trabaja con la tecnología Ethernet 10GBASE-SR. Es necesario un módulo por cada switch Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L, por lo tanto, se necesitan 15 módulos.

## 5.3. Total de materiales y dispositivos

En la tabla 81 se puede ver el total de materiales y dispositivos necesarios.

	Cantidad
Cableado de Categoría 6A	22007'3 metros
Conectores RJ-49	1256 conectores
Fibra óptica OM3	322'8 metros
Latiguillos de parcheo para fibra óptica	34
Repartidor de 22 U	3
Repartidor de 27 U	1
Repartidor de 32 U	1
Patch panel de Categoría 6A	15
Patch panel de fibra óptica de 24 puertos	3
Patch panel de fibra óptica de 12 puertos	3
Canaletas	660
Ángulos interiores	95
Ángulos exteriores	8
Tapas	4
Ángulos planos	78

Derivadores T	126
Canal pisable	32
Rosetas	314
Cisco Catalyst 2960X-48TD-L	15
Cisco Catalyst 4500X-16SFP+	3
UPS APC ES-SRT5KXLI	5
Módulo SFP-10G-SR	15

Tabla 81. Materiales necesarios en la instalación del cableado

## Capítulo 6

# Presupuesto



## Índice del Presupuesto

6.1.	Partidas de obra .....	205
6.1.1.	Diseño del proyecto.....	205
6.1.2.	Instalación del cableado .....	205
6.1.3.	Certificación del cableado.....	205
6.1.4.	Instalación y configuración de dispositivos .....	206
6.2.	Presupuesto global.....	206



En este capítulo se tratará el presupuesto del proyecto. Se estudiará el presupuesto de cada partida de obra por separado, así como el presupuesto global del proyecto y desglosado.

## 6.1. Partidas de obra

En este apartado se verán los presupuestos de las distintas partidas de obra.

### 6.1.1. Diseño del proyecto

En esta etapa del proyecto se lleva a cabo el diseño del proyecto sin llevarlo todavía a la realidad, por lo que el coste de materiales es cero.

### 6.1.2. Instalación del cableado

En esta partida de obra se lleva a cabo la instalación del cableado. En la siguiente tabla se puede ver el coste de esta etapa.

	Precio
Subsistema de cableado horizontal	52613'69€
Subsistema de cableado vertical	1201'64€
Repartidores	2756'36€
Canales	18967'17€
<b>Total</b>	<b>75538'86€</b>

Tabla 82. Presupuesto para la instalación del cableado

Como se dijo en el pliego de condiciones, de la instalación del cableado se encargará una empresa externa contratada por la empresa para la que se realiza este proyecto. Por lo tanto, el presupuesto correspondiente a llevar a cabo la instalación de los materiales de la tabla 84 deberá darlo la tercera empresa, la cual se encargará de llevarla a cabo.

### 6.1.3. Certificación del cableado

Como en el caso anterior, de la certificación se encargará una empresa externa contratada por la empresa para la que se realiza este proyecto. Por lo tanto, el presupuesto de la certificación deberá darlo la tercera empresa, la cual se encargará de llevarla a cabo.

### 6.1.4. Instalación y configuración de dispositivos

En esta partida de obra se lleva a cabo la instalación y configuración de dispositivos. En la siguiente tabla se puede ver el coste de esta etapa.

	Precio
Capa de acceso	29360'40€
Capa de distribución	10679'52€
Capa núcleo	5339'76€
UPS	17125€
<b>Total</b>	<b>62504'68€</b>

Tabla 83. Presupuesto para la instalación y configuración de dispositivos

## 6.2. Presupuesto global

En este apartado se tiene el presupuesto global de todos los materiales desglosados. En primer lugar se tiene el presupuesto correspondiente a la partida de instalación del cableado.

	Cantidad	Precio	Total
Cableado de Categoría 6A	22007'3 metros	186'89€ / 100 m	41302'69€
Conectores RJ-49	1256 conectores	2'65€	3328'40€
Fibra óptica OM3	322'8 metros	0'80€ / 1m	258'24€
Latiguillos de parcheo para fibra óptica	34	12'38€	420'92€
Repartidor de 22 U	3	522'34€	1567'02€
Repartidor de 27 U	1	555'29€	555'29€
Repartidor de 32 U	1	634'05€	634'05€
Patch panel para cableado horizontal	15	241'2€	3618€
Patch panel de fibra óptica de 24 puertos	3	120'6€	361'80€



Patch panel de fibra óptica de 12 puertos	3	53'56€	160'68€
Canaletas	660	24'43€	16123'80€
Ángulos interiores	95	4'66€	442'70€
Ángulos exteriores	8	4'71€	37'68€
Tapas	4	4'37€	17'48€
Ángulos planos	81	6'33€	512'73€
Derivadores T	129	5'90€	761'10€
Canal pisable	32	33'49€	1071'68€
Rosetas	314	13'90€	4364'60€

Tabla 84. Materiales necesarios en la instalación del cableado

En la siguiente tabla se tiene el presupuesto correspondiente a la partida de instalación y configuración de dispositivos.

	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
Cisco Catalyst 2960X-48TD-L	15	1930'67€	28960'05€
Cisco Catalyst 4500X-16SFP+	3	5339'76€	16019'28€
UPS APC ES-SRT5KXLI	5	3425€	17125€
Módulo SFP-10G-SR	15	26'69€	400'35€

Tabla 85. Materiales necesarios en la instalación y configuración de dispositivos

Finalmente se tiene el presupuesto global del proyecto.

	<b>Precio</b>
Instalación del cableado	75538'86€
Instalación y configuración de dispositivos	62504'68€
<b>Total</b>	138043'54€

Tabla 86. Presupuesto total del proyecto



## Anexo A

### Fichas técnicas

En este anexo se verán las fichas técnicas de los equipos utilizados en la red como las muestran sus fabricantes.

#### A.1. Cisco Catalyst 2960X-48TD-L

##### Product Overview

Cisco® Catalyst® 2960-X Series Switches are fixed-configuration, stackable Gigabit Ethernet switches that provide enterprise-class access for campus and branch applications (Figure 1). Designed for operational simplicity to lower total cost of ownership, they enable scalable, secure and energy-efficient business operations with intelligent services and a range of advanced Cisco IOS® Software features.

**Figure 1.** A Cisco Catalyst 2960-X Series Switch Family



##### Product Highlights

Cisco Catalyst 2960-X switches feature:

- 24 or 48 Gigabit Ethernet ports with line-rate forwarding performance
- Gigabit Small Form-Factor Pluggable (SFP) or 10G SFP+ uplinks
- FlexStack Plus for stacking of up to 8 switches with 80 Gbps of stack throughput (optional)
- Power over Ethernet Plus (PoE+) support with up to 740W of PoE budget
- 24-port PoE fanless switch for deployment outside the wiring closet
- Reduced power consumption and advanced energy management features
- USB and Ethernet management interfaces for simplified operations
- Application visibility and capacity planning with integrated NetFlow-Lite
- LAN Base or LAN Lite Cisco IOS® software features
- Enhanced limited lifetime warranty (E-LLW) offering next-business-day hardware replacement

Cisco Catalyst 2960-XR models also offer:

- Power resiliency with optional dual field-replaceable power supplies
- IP Lite Cisco IOS<sup>®</sup> software with dynamic routing and Layer 3 features

### Switch Models and Configurations

Catalyst 2960-X switches include a single fixed power supply and are available with either the Cisco IOS LAN Base or LAN Lite feature set. Catalyst 2960-XR switch models include a field-replaceable modular power supply and can accommodate a second power supply. Catalyst 2960-XR is available only with the Cisco IOS IP Lite feature set.

**Table 1.** Cisco Catalyst 2960-X Configurations

Model	10/100/1000 Ethernet Ports	Uplink Interfaces	Cisco IOS Software Image	Available PoE Power	FlexStack-Plus Capability
Cisco Catalyst 2960X-48FPD-L	48	2 SFP+	LAN Base	740W	Y
Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L	48	2 SFP+	LAN Base	370W	Y
Cisco Catalyst 2960X-24PD-L	24	2 SFP+	LAN Base	370W	Y
Cisco Catalyst 2960X-48TD-L	48	2 SFP+	LAN Base	-	Y
Cisco Catalyst 2960X-24TD-L	24	2 SFP+	LAN Base	-	Y
Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L	48	4 SFP	LAN Base	740W	Y

<b>Model</b>	<b>10/100/1000 Ethernet Ports</b>	<b>Uplink Interfaces</b>	<b>Cisco IOS Software Image</b>	<b>Available PoE Power</b>	<b>FlexStack-Plus Capability</b>
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPS-L</b>	48	4 SFP	LAN Base	370W	Y
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PS-L</b>	24	4 SFP	LAN Base	370W	Y
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PSQ-L</b>	24 (8PoE)	2 SFP, 2 10/100/1000BT	LAN Base	110W	-
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-L</b>	48	4 SFP	LAN Base	-	Y
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-L</b>	24	4 SFP	LAN Base	-	Y
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-LL</b>	48	2 SFP	LAN Lite	-	-
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-LL</b>	24	2 SFP	LAN Lite	-	-

**Table 2.** Cisco Catalyst 2960-XR Configurations

<b>Model</b>	<b>10/100/1000 Ethernet Ports</b>	<b>Uplink Interfaces</b>	<b>Cisco IOS Software Image</b>	<b>Available PoE Power</b>	<b>Power Supply</b>
<b>Cisco</b>	48	2 SFP+	IP Lite	740W	1025WAC

<b>Model</b>	<b>10/100/1000 Ethernet Ports</b>	<b>Uplink Interfaces</b>	<b>Cisco IOS Software Image</b>	<b>Available PoE Power</b>	<b>Power Supply</b>
<b>Catalyst 2960XR-48FPD-I</b>					
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPD-I</b>	48	2 SFP+	IP Lite	370W	640WAC
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PD-I</b>	24	2 SFP+	IP Lite	370W	640WAC
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TD-I</b>	48	2 SFP+	IP Lite	-	250WAC
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TD-I</b>	24	2 SFP+	IP Lite	-	250WAC
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPS-I</b>	48	4 SFP	IP Lite	740W	1025WAC
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPS-I</b>	48	4 SFP	IP Lite	370W	640WAC
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PS-I</b>	24	4 SFP	IP Lite	370W	640WAC
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TS-I</b>	48	4 SFP	IP Lite	-	250WAC

Model	10/100/1000 Ethernet Ports	Uplink Interfaces	Cisco IOS Software Image	Available PoE Power	Power Supply
Cisco Catalyst 2960XR-24TS-I	24	4 SFP	IP Lite	-	250WAC

### Catalyst 2960-X series Software Features

All Catalyst 2960-X Series Switches use a single Universal Cisco IOS Software Image for all SKUs. Depending on the switch model, the Cisco IOS image automatically configures the LAN Lite, LAN Base, or IP Lite feature set.

LAN Lite models have reduced functionality and scalability for small deployments with basic requirements. Cisco Catalyst 2960-X Family of Switches are available with the LAN Base and LAN Lite feature sets and Catalyst 2960-XR Family of switches are available IP Lite feature sets.

Note that each switch model is tied to a specific feature level; LAN Lite cannot be upgraded to LAN Base and LAN Base cannot be upgraded to IP Lite.

For more information about the features included in the LAN Lite, LAN Base and IP Lite feature sets, refer to Cisco Feature Navigator: <http://tools.cisco.com/ITDIT/CFN/jsp/index.jsp>.

### Cisco Catalyst 2960-XR IP-Lite High-Performance Routing

The Cisco hardware routing architecture delivers extremely high-performance IP routing in the Cisco Catalyst 2960-XR IP-Lite Switches:

- **IP unicast routing protocols (Static, Routing Information Protocol Version 1 [RIPv1], RIPv2, RIPv3, and EIGRP-Stub)** are supported for network routing applications.
- **Advanced IP unicast routing protocols (OSPF for Routed Access)** are supported for load balancing and constructing scalable LANs. IPv6 routing (OSPFv3) is supported in hardware for maximum performance.
- **EIGRPv3-Stub and PIMv6-Stub are supported as a part of the IPv6 routing suite.**
- **Equal-cost routing** facilitates Layer 3 load balancing and redundancy across the stack.
- **Policy-based routing (PBR)** allows superior control by facilitating flow redirection regardless of the routing protocol configured (for both IPv4 and IPv6).
- **Hot Standby Routing Protocol (HSRP) and Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)** provides dynamic load balancing and failover for routed links.

- **Protocol Independent Multicast (PIM)** for IP multicast is supported, including PIM sparse mode (PIM-SM), PIM dense mode (PIM-DM), PIM sparse-dense mode and Source Specific Multicast (SSM).

## Network Security

The Cisco Catalyst 2960-X Series Switches provide a range of security features to limit access to the network and mitigate threats, including:

- **MAC-based VLAN assignment enables** different users to authenticate on different VLANs. This feature enables each user to have a different data VLAN on the same interface.
- **Cisco TrustSec uses SXP** to simplify security and policy enforcement throughout the network. For more information about Cisco TrustSec security solutions, visit [cisco.com/go/TrustSec](http://cisco.com/go/TrustSec).
- **Comprehensive 802.1X** Features to control access to the network, including Flexible Authentication, 802.1x Monitor Mode, and RADIUS Change of Authorization.
- **IPv6 First-Hop Security** enhances Layer-2 and Layer-3 network access from proliferating IPv6 devices especially BYOD devices. It protects against rogue router advertisements, address spoofing, fake DHCP replies and other risks introduced by IPv6 technology.
- **Device Sensor and Device Classifier** enable seamless versatile device profiles including BYOD devices. They also enable Cisco Identity Services Engine (ISE) to provision identity based security policies. This feature is available on both the 2960-X and the 2960-XR product families.
- **Cisco Trust Anchor Technology** enables easy distribution of a single universal image for all models of Catalyst 2960-X by verifying the authenticity of IOS images. This technology allows the switch to perform IOS integrity checks at boot-up by verifying the signature, verifying the Trusted Asset under Management and authenticating the license.
- **Cisco Threat Defense** features including Port Security, Dynamic ARP Inspection, and IP Source Guard.
- **Private VLANs** restrict traffic between hosts in a common segment by segregating traffic at Layer 2, turning a broadcast segment into a nonbroadcast multi access like segment. This feature is available in IP-Lite feature set only.
  - **Private VLAN Edge** provides security and isolation between switch ports, which helps ensure that users cannot snoop on other users' traffic.
- **Unicast Reverse Path Forwarding (uRPF)** feature helps mitigate problems caused by the introduction of malformed or forged (spoofed) IP source address into a network by discarding IP packets that lack a verifiable IP source address. This feature is available in IP-Lite feature set only.
- **Multidomain Authentication** allows an IP phone and a PC to authenticate on the same switch port while placing them on appropriate voice and data VLAN.
- **Access Control Lists (ACLs)** for IPv6 and IPv4 for security and QoS ACEs.



- **VLAN ACLs** on all VLANs prevent unauthorized data flows from being bridged within VLANs.
  - **Router ACLs** define security policies on routed interfaces for control-plane and data-plane traffic. IPv6 ACLs can be applied to filter IPv6 traffic.
- **Port-based ACLs** for Layer 2 interfaces allow security policies to be applied on individual switch ports.
- **Secure Shell (SSH) Protocol, Kerberos, and Simple Network Management Protocol Version 3 (SNMPv3)** provide network security by encrypting administrator traffic during Telnet and SNMP sessions. SSH Protocol, Kerberos, and the cryptographic version of SNMPv3 require a special cryptographic software image because of U.S. export restrictions.
- **Switched Port Analyzer (SPAN)**, with bidirectional data support, allows Cisco Intrusion Detection System (IDS) to take action when an intruder is detected.
- **TACACS+ and RADIUS authentication** facilitates centralized control of the switch and restricts unauthorized users from altering the configuration.
- **MAC Address Notification** allows administrators to be notified of users added to or removed from the network.
- **Multilevel security on console access** prevents unauthorized users from altering the switch configuration.
- **Bridge protocol data unit (BPDU) Guard** shuts down Spanning Tree Port Fast-enabled interfaces when BPDUs are received to avoid accidental topology loops.
- **Spanning Tree Root Guard (STRG)** prevents edge devices not in the network administrator's control from becoming Spanning Tree Protocol root nodes.
- **IGMP filtering** provides multicast authentication by filtering out nonsubscribers and limits the number of concurrent multicast streams available per port.
- **Dynamic VLAN assignment** is supported through implementation of VLAN Membership Policy Server client capability to provide flexibility in assigning ports to VLANs. Dynamic VLAN facilitates the fast assignment of IP addresses.

## Redundancy and Resiliency

Cisco Catalyst 2960-X Series Switches offer a number of redundancy and resiliency features to prevent outages and help ensure that the network remains available:

- **Cross-stack EtherChannel** provides the ability to configure Cisco EtherChannel technology across different members of the stack for high resiliency.
- **Flexlink** provides link redundancy with convergence time less than 100 milliseconds.
- **IEEE 802.1s/w Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) and Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP)** provide rapid spanning-tree convergence independent of spanning-tree timers and also offer the benefit of Layer 2 load balancing and distributed processing. Stacked units behave as a single spanning-tree node.
- **Per-VLAN Rapid Spanning Tree (PVRST+)** allows rapid spanning-tree reconvergence on a per-VLAN spanning-tree basis, without requiring the implementation of spanning-tree instances.

- **Cisco Hot Standby Router Protocol (HSRP)** is supported to create redundant, fail safe routing topologies in 2960-XR IP-Lite SKUs.
- **Switch-port auto-recovery (Error Disable)** automatically attempts to reactivate a link that is disabled because of a network error.
- **Power redundancy** with an optional second power supply on 2960-XR models, or with an external RPS on 2960-X models.

## Enhanced Quality of Service

The Cisco Catalyst 2960-X Series Switches offers intelligent traffic management that keeps everything flowing smoothly. Flexible mechanisms for marking, classification, and scheduling deliver superior performance for data, voice, and video traffic, all at wire speed. Primary QoS features include:

- Up to **eight egress queues** per port and strict priority queuing so that the highest priority packets are serviced ahead of all other traffic.
- **Shaped Round Robin (SRR)** scheduling and **Weighted Tail Drop (WTD)** congestion avoidance.
- **Flow-based rate limiting** and up to 256 aggregate or individual policers per port.
- **802.1p class of service (CoS)** and **Differentiated Services Code Point (DSCP)** classification, with marking and reclassification on a per-packet basis by source and destination IP address, MAC address, or Layer 4 TCP/UDP port number.
- **Cross-stack QoS** to allow QoS to be configured across a stack of 2960-X series switches.
- **The Cisco committed information rate (CIR)** function provides bandwidth in increments as low as 8 Kbps.
- **Rate limiting** is provided based on source and destination IP address, source and destination MAC address, Layer 4 TCP/UDP information, or any combination of these fields, using QoS ACLs (IP ACLs or MAC ACLs), class maps, and policy maps.

## Cisco Catalyst 2960-X Series Switching Database Manager

Switching database manager (SDM) templates for LAN Base and IP Lite licenses allows the administrator to automatically optimize the ternary content-addressable memory (TCAM) allocation to the desired features based on deployment-specific requirements. MAC, routing, security, and QoS scalability numbers depend on the type of template used in the switch.

**Table 3.** Cisco Catalyst 2960-X Family LAN Lite and LAN Base Scalability Numbers

Resources	LAN Lite (Default)	LAN Base (Default)
Unicast MAC Addresses	16K	16K
IPv4 Unicast Direct Routes	320	2k

Resources	LAN Lite (Default)	LAN Base (Default)
IPv4 Unicast Indirect Routes	32	1K
IPv6 Unicast Direct Routes	256	2K
IPv6 Unicast Indirect Routes	0	1K
IPv4 Multicast Routes and IGMP Groups	1k	1K
IPv6 Multicast Groups	1k	1K
IPv4 QoS ACEs	384	500
IPv6 QoS ACEs	256	500
IPv4 Security ACEs	256	625
IPv6 Security ACEs	256	625

**Table 4.** Cisco Catalyst 2960-XR Family IP Lite Scalability Numbers

Resources	Default (IP Lite)	VLAN (IP Lite)	IPv4 (IP Lite)
Unicast MAC Addresses	16K	32K	16K
IPv4 Unicast Direct Routes	4K	250	16K
IPv4 Unicast Indirect Routes	1.25K	250	8K
IPv6 Unicast Direct Routes	4K	250	0
IPv6 Unicast Indirect Routes	1.25K	250	0
IPv4 Multicast Routes and IGMP Groups	1k	1K	1K
IPv6 Multicast Groups	1k	1K	0
IPv4 QoS ACEs	500	500	500
IPv6 QoS ACEs	250	500	0

<b>IPv4 Security ACEs</b>	1K	1K	875
<b>IPv6 Security ACEs</b>	500	500	0
<b>IPv4 Policy Based Routing ACEs</b>	500	0	375

## Cisco FlexStack-Plus

Cisco FlexStack-Plus provides stacking of up to eight 2960-X switches with the optional FlexStack-Plus module ([Figure 2](#)).

The FlexStack-Plus module is hot swappable and can be added to any Cisco Catalyst 2960-X or Catalyst 2960-XR with a FlexStack-Plus slot. Switches connected to a stack will automatically upgrade to the stack's Cisco IOS Software version and transparently join the stack without additional intervention.

Cisco FlexStack-Plus and Cisco IOS Software offer true stacking, with all switches in a stack acting as a single switch unit. FlexStack-Plus provides a unified data plane, unified configuration, and single IP address for switch management. The advantages of true stacking include lower total cost of ownership and higher availability through simplified management as well as cross-stack features including EtherChannel, SPAN, and FlexLink.

To provide investment protection, FlexStack-Plus is backwards-compatible with FlexStack. Cisco Catalyst 2960-X LAN Base switches equipped with a FlexStack-Plus module can be stacked with Catalyst 2960-S and 2960-SF LAN Base switches equipped with a FlexStack module (see [Table 5](#)).

**Table 5.** FlexStack and FlexStack Plus Supported Combinations

	<b>2960-XR IP Lite</b>	<b>2960-X LAN Base</b>	<b>2960-S/SF LAN Base</b>
<b>2960-XR IP Lite</b>	Yes	-	-
<b>2960-X LAN Base</b>	-	Yes	Yes
<b>2960-S or 2960-SF LAN Base</b>	-	Yes	Yes

**Table 6.** FlexStack-Plus Scalability and Performance

<b>Stack Members</b>	<b>Stack Bandwidth</b>	<b>Stack Limit</b>	<b>Cisco IOS Feature Set</b>
<b>2960-XR IP Lite</b>	80G	8	IOS IP Lite

<b>2960-XLAN Base</b>	80G	8	IOS LAN Base
<b>2960-X LAN Base mixed with 2960-S/SF LAN Base</b>	40G	4	IOS LAN Base

**Figure 2.** Cisco FlexStack-Plus Switch Stack



## Power Supply

The Catalyst 2960-X switches comes with one fixed power-supply and options for an external redundant power supply source (RPS2300).

The Catalyst 2960-XR switches support dual redundant power supplies. The Catalyst 2960-XR ships with one power supply by default. The second power supply can be purchased at the time of ordering the switch or as a spare. These power supplies have in-built fans to provide cooling.

**Figure 3.** 2960-XR Family Power Supply



The following table shows the different power supplies available in these switches and the available PoE power.

**Table 7.** 2960-XR Default Power Supply Configurations

Models	Default Power Supply	Available PoE Power
<b>WS-C2960XR-24TS-I</b> <b>WS-C2960XR-48TS-I</b> <b>WS-C2960XR-24TD-I</b> <b>WS-C2960XR-48TD-I</b>	PWR-C2-250WAC	-
<b>WS-C2960XR-24PD-I</b> <b>WS-C2960XR-48LPD-I</b> <b>WS-C2960XR-24PS-I</b> <b>WS-C2960XR-48LPS-I</b>	PWR-C2-640WAC	370W
<b>WS-C2960XR-48FPD-I</b> <b>WS-C2960XR-48FPS-I</b>	PWR-C2-1025WAC	740W

## Intelligent Power over Ethernet Plus

Cisco Catalyst 2960-Xseries switches support both IEEE 802.3af Power over Ethernet (PoE) and IEEE 802.3at PoE+ (up to 30W per port) to deliver lower total cost of ownership for deployments that incorporate Cisco IP phones, Cisco Aironet® wireless access points, or other standards-compliant PoE/PoE+ end devices. PoE removes the need to supply wall power to PoE-enabled devices and eliminates the cost of adding electrical cabling and circuits that would otherwise be necessary in IP phone and WLAN deployments.

The Catalyst 2960-X series PoE power allocation is dynamic and power mapping scale up to a maximum of 740W PoE+ power.

The 2960-XR switch configurations offer the additional benefit of dual redundant power supplies. If both power supplies are used, then the 2960-XR shares the load between the two power supplies for non stop power.

**Table 8.** 2960-X PoE and PoE+ Power Capacity

Switch Model	Maximum Number of PoE+ (IEEE 802.3at) Ports *	Maximum Number of PoE (IEEE 802.3af) Ports *	Available PoE Power (Single PS Source)
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPD-L</b>	24 ports up to 30W	48 ports up to 15.4W	740W

<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L</b>	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W	370W
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PD-L</b>	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W	370W
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L</b>	24 ports up to 30W	48 ports up to 15.4W	740W
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPS-L</b>	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W	370W
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PS-L</b>	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W	370W
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PSQ-L</b>	3 ports up to 30W	7 ports up to 15.4W	110W
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPD-I</b>	24 ports up to 30W	48 ports up to 15.4W	740W
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPD-I</b>	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W	370W
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PD-I</b>	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W	370W
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPS-I</b>	24 ports up to 30W	48 ports up to 15.4W	740W
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPS-I</b>	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W	370W
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PS-I</b>	12 ports up to 30W	24 ports up to 15.4W	370W

\* Intelligent power management allows flexible power allocation across all ports.

**Table 9.** 2960-XR Available PoE and Switch Power Capabilities with Different Combinations of Power Supplies

Primary Power Supply	Secondary Power Supply	Available Power for PoE+	Switch Power Redundancy	Available PoE Power When One PS fails
<b>PWR-C2-250WAC</b>	-	-	No	-
<b>PWR-C2-250WAC</b>	PWR-C2-250WAC	-	Yes	-
<b>PWR-C2-640WAC</b>	-	370W	No	-
<b>PWR-C2-640WAC</b>	PWR-C2-640WAC	370W	Yes	370W
<b>PWR-C2-1025WAC</b>	-	740W	No	-
<b>PWR-C2-1025WAC</b>	PWR-C2-1025WAC	740W	Yes	740W

## Application Visibility

Catalyst 2960-X Series Switches support **NetFlow Lite**, which enables IT teams to understand the mix of traffic on their network and identify anomalies by capturing and recording specific packet flows. NetFlow Lite supports flexible sampling of the traffic, and exports flow data in the NetFlow Version 9 format for analysis on a wide range of Cisco and third-party collectors.

NetFlow Lite is included on all Catalyst 2960-X and 2960-XR LAN Base and IP Lite models.

## Cisco Catalyst SmartOperations

Cisco Catalyst SmartOperations is a comprehensive set of capabilities that simplify LAN planning, deployment, monitoring, and troubleshooting. Deploying SmartOperations tools reduces the time and effort required to operate the network and lowers total cost of ownership (TCO).

- **Cisco AutoConfig** services determine the level of network access provided to an endpoint based on the type of the endpoint device. This feature also permits hard-binding between the end device and the interface.



- **Cisco Smart Install** services enable minimal-touch deployment by providing automated Cisco IOS Software image installation and configuration when new switches are connected to the network. This enables network administrators to remotely manage Cisco IOS Software image installs and upgrades.
- **Cisco Auto SmartPorts** services enable automatic configuration of switch ports as devices connect to the switch, with settings optimized for the device type resulting in zero-touch port-policy provisioning.
- **Cisco Auto QoS** is a service that automatic configuration of QoS that allows switch to manage QoS policies based on traffic types resulting in zero-touch traffic engineering. Auto-QoS supports 8 egress queues in both 2960-X and 2960-XR product families.
- **Cisco Smart Troubleshooting** is an extensive array of diagnostic commands and system health checks within the switch, including Smart Call Home. The Cisco GOLD<sup>®</sup> (Generic Online Diagnostics) and Cisco online diagnostics on switches in live networks help predicting and detecting failures faster.

For more information about Cisco Catalyst SmartOperations, visit [cisco.com/go/SmartOperations](http://cisco.com/go/SmartOperations).

## Operational Simplicity Features

- **Cisco AutoSecure** provides a single-line CLI to enable base line security features (Port Security, DHCP snooping, DAI). This feature simplifies security configurations with a single touch.
- **Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)** autoconfiguration of multiple switches through a boot server eases switch deployment.
- **Stacking master configuration management** and Cisco FlexStack Plus technology helps ensure that all switches are automatically upgraded when the master switch receives a new software version. Automatic software version checking and updating help ensure that all stack members have the same software version.
- **Autonegotiation** on all ports automatically selects half- or full-duplex transmission mode to optimize bandwidth.
- **Dynamic Trunking Protocol (DTP)** facilitates dynamic trunk configuration across all switch ports.
- **Port Aggregation Protocol (PAgP)** automates the creation of Cisco Fast EtherChannel<sup>®</sup> groups or Gigabit EtherChannel groups to link to another switch, router, or server.
- **Link Aggregation Control Protocol (LACP)** allows the creation of Ethernet channeling with devices that conform to IEEE 802.3ad. This feature is similar to Cisco EtherChannel technology and PAgP.
- **Automatic media-dependent interface crossover (MDIX)** automatically adjusts transmit and receive pairs if an incorrect cable type (crossover or straight-through) is installed.
- **Unidirectional Link Detection Protocol (UDLD)** and Aggressive UDLD allow unidirectional links caused by incorrect fiber-optic wiring or port faults to be detected and disabled on fiber-optic interfaces.

- **Switching Database Manager (SDM)** templates for access, routing, and VLAN deployment allow the administrator to easily maximize memory allocation to the desired features based on deployment-specific requirements.
- **Local Proxy Address Resolution Protocol (ARP)** works in conjunction with Private VLAN Edge to minimize broadcasts and maximize available bandwidth.
- **VLAN1 minimization** allows VLAN1 to be disabled on any individual VLAN trunk.
- **Smart Multicast, with Cisco FlexStack-Plus technology**, allows the Cisco Catalyst 2960-X Series to offer greater efficiency and support for more multicast data streams such as video by putting each data packet onto the backplane only once.
- **Internet Group Management Protocol (IGMP) Snooping** for IPv4 and IPv6 MLD v1 and v2 Snooping provide fast client joins and leaves of multicast streams and limit bandwidth-intensive video traffic to only the requestors.
- **Multicast VLAN Registration (MVR)** continuously sends multicast streams in a multicast VLAN while isolating the streams from subscriber VLANs for bandwidth and security reasons.
- **Per-port broadcast, multicast, and unicast storm control** prevents faulty end stations from degrading overall systems performance.
- **Voice VLAN** simplifies telephony installations by keeping voice traffic on a separate VLAN for easier administration and troubleshooting.
- **Cisco VLAN Trunking Protocol (VTP)** supports dynamic VLANs and dynamic trunk configuration across all switches.
- **Remote Switch Port Analyzer (RSPAN)** allows administrators to remotely monitor ports in a Layer 2 switch network from any other switch in the same network.
- For enhanced traffic management, monitoring, and analysis, the Embedded **Remote Monitoring (RMON)** software agent supports four RMON groups (history, statistics, alarms, and events).
- **Layer 2 trace route** eases troubleshooting by identifying the physical path that a packet takes from source to destination.
- **Trivial File Transfer Protocol (TFTP)** reduces the cost of administering software upgrades by downloading from a centralized location.
- **Network Timing Protocol (NTP)** provides an accurate and consistent timestamp to all intranet switches.

## Power Management

The 2960-X switches offer a range of industry leading features for effective energy efficiency and energy management. 2960-X Series are the greenest switches in the industry.

**Switch Hibernation Mode (SHM)** is an industry first and available on all 2960-X series switches. This feature puts the switch in ultra low power mode during periods of non-operation such as nights or weekends. Switch Hibernation Mode on the 2960-X switches can be scheduled using EnergyWise compliant management software.

**IEEE 802.3az EEE (Energy Efficient Ethernet)** enables ports to dynamically sense idle periods between traffic bursts and quickly switch the interfaces into a low power idle mode, reducing power consumption.

**Cisco EnergyWise** policies can be used to control the power consumed by PoE-powered endpoints, desktop and data-center IT equipment, and a wide range of building infrastructure. EnergyWise technology is included on all Cisco Catalyst 2960-X Series Switches.

For more information about Cisco EnergyWise™, visit [cisco.com/go/energywise](http://cisco.com/go/energywise).

## Network Management

The Cisco Catalyst 2960-X Series Switches offer a superior CLI for detailed configuration and administration. 2960-X Series Switches are also supported in the full range of Cisco network management solutions.

### Cisco Prime Infrastructure

Cisco Prime™ network management solutions provide comprehensive network lifecycle management. Cisco Prime Infrastructure provides an extensive library of easy-to-use features to automate the initial and day-to-day management of your Cisco network. Cisco Prime integrates hardware and software platform expertise and operational experience into a powerful set of workflow-driven configuration, monitoring, troubleshooting, reporting, and administrative tools.

For detailed information about Cisco Prime, visit [cisco.com/go/prime](http://cisco.com/go/prime).

### Cisco Network Assistant

A Cisco network management application designed for small and medium-sized business (SMB) networks with up to 250 users that runs on PCs, Tablets and even Smartphones, Cisco Network Assistant offers centralized network management and configuration capabilities. This application also features an intuitive GUI where users can easily apply common services across Cisco switches, routers, and access points.

For detailed information about Cisco Network Assistant, visit [cisco.com/go/cna](http://cisco.com/go/cna).

## Security Management

**Cisco Identity Services Engine (ISE)** support enables the 2960-XR switches to offer security management for all devices connected to it.

**Figure 4.** Fanless Quiet Cool 24-Port PoE Switch



The Cisco Catalyst 2960-X Series adds a new member to its 2960-X family, the WS-C2960X-24PSQ-L (Cool). This is a 24-port 10M/100M/1000M switch that can power up to 8 ports of PoE (first eight ports only) with ability to deliver a sum total of 110W of PoE power. This switch has four Gigabit Ethernet uplinks: two of them SFP and the other two 10M/100M/1000M copper interfaces enabling choice of fiber or copper connectivity to the aggregation point. This switch ships with the Cisco IOS LAN Base image.

Some important 2960-X “cool” switch highlights are:

- Extends a highly secure, intelligent, managed Cisco Catalyst infrastructure with a single Ethernet cable or fiber from the wiring closet
- Support for advanced security and intelligent services, including Netflow-Lite and Switch Hibernation, including voice, video, AP powering, and Cisco Enterprise Network services to remote endpoints
- Less than 12” depth fit in user work spaces where multiple cable runs could be challenging with very low power consumption and heat dissipation
- Higher MTBF rates due to no moving mechanical parts, no fans help ensure that 2960X cool switch is convenient to be used for colocated applications
- Easy to deploy using smart-install, configure with auto-smart-ports and device sensors and manage using Cisco Prime or CNA

## **2960-X Cool Switch Use Cases**

### **Retail**

Major retailers are increasingly moving customer-facing IP-based applications and services to the middle of the sales floor or POS that is far away from their access router that connects the retail outlets to the outside network. A typical retail outlet needs to serve customers at multiple sales points, each with a POS machine, phone, printer, or video display with network and some PoE powering. Because of their quiet operation and ability to cater to up to 24 ports with flexible mounting options, these switches are ideally suited for mounting in confined spaces on the floor.

## Education

The 2960X cool switch extends access to labs, classrooms, and other training rooms from the central/floor distribution rooms, reducing cost of cabling and providing superior quality of service with enhanced security and enterprise network features. Quiet operation and shallow depth make them ideally suited for classrooms or confined areas nearby.

## Defense

Defense establishments often look to an access switch that is portable in mobile units. These units require multiple network access devices, some of them residing in inconvenient locations in the mobile unit that requires being powered by the switch, reducing number of cables to that location and reducing possible failure sources. The switch is expected to be very quiet and have longer MTBF rates, which is served by the 2960X cool switch.

## Technical Specifications

**Table 10.** Cisco Catalyst 2960-X Series Hardware

Hardware Specifications	
<b>Flash memory</b>	128 MB for LAN Base & IP Lite SKUs, 64 MB for LAN Lite SKUs
<b>DRAM</b>	512 MB for LAN Base and 256 MB for LAN Lite
<b>CPU</b>	APM86392 600MHz dual core
<b>Console Ports</b>	USB (Type-B), Ethernet (RJ-45)
<b>Storage Interface</b>	USB (Type-A) for external flash storage
<b>Network Management Interface</b>	10/100 Mbps Ethernet (RJ-45)

**Table 11.** Cisco Catalyst 2960-X Series Performance

Performance and Scalability			
	<b>2960-X LAN Lite</b>	<b>2960-X LAN Base</b>	<b>2960-XR IP Lite</b>
<b>Forwarding bandwidth</b>	50 Gbps	108 Gbps	108 Gbps
<b>Switching bandwidth*</b>	100 Gbps	216 Gbps	216 Gbps

<b>Maximum active VLANs</b>	64	1023	1023
<b>VLAN IDs available</b>	4096	4096	4096
<b>Maximum transmission unit (MTU)- L3 packet</b>	9198 bytes	9198 bytes	9198 bytes
<b>Jumbo frame - Ethernet frame</b>	9216 bytes	9216 bytes	9216 bytes

\* Switching bandwidth is full-duplex capacity.

**Table 12.** Cisco Catalyst 2960-X Series Forwarding Performance

<b>Forwarding Rate: 64-Byte L3 Packets</b>	
<b>Catalyst 2960-XFamily</b>	
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPD-L</b>	130.9 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L</b>	130.9 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PD-L</b>	95.2 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TD-L</b>	130.9 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TD-L</b>	95.2 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L</b>	107.1 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPS-L</b>	107.1 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PS-L</b>	71.4 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PSQ-L</b>	71.4 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-L</b>	107.1 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-L</b>	71.4 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-LL</b>	104.2 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-LL</b>	68.5 Mpps
<b>Catalyst 2960-XR Family</b>	

<b>Forwarding Rate: 64-Byte L3 Packets</b>	
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPD-I</b>	130.9 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPD-I</b>	130.9 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PD-I</b>	95.2 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TD-I</b>	130.9 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TD-I</b>	95.2 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPS-I</b>	107.1 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPS-I</b>	107.1 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PS-I</b>	71.4 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TS-I</b>	107.1 Mpps
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TS-I</b>	71.4 Mpps

**Table 13.** Cisco Catalyst 2960-X Series Mechanical Specifications

<b>Models</b>		
<b>Dimensions</b>	<b>Inches (H x D x W)</b>	<b>Centimeters (H x D x W)</b>
<b>WS-C2960X-48FPD-L</b>	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
<b>WS-C2960X-48LPD-L</b>	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
<b>WS-C2960X-48TD-L</b>	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
<b>WS-C2960X-24PD-L</b>	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
<b>WS-C2960X-24TD-L</b>	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
<b>WS-C2960X-48FPS-L</b>	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
<b>WS-C2960X-48LPS-L</b>	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5
<b>WS-C2960X-48TS-L</b>	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
<b>WS-C2960X-24PS-L</b>	1.75 x 14.5 x 17.5	4.5 x 36.8 x 44.5

<b>Models</b>		
<b>WS-C2960X-24PSQ-L</b>	1.73 x 11.03 x 17.5	4.45 x 28.0 x 44.5
<b>WS-C2960X-24TS-L</b>	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
<b>WS-C2960X-48TS-LL</b>	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
<b>WS-C2960X-24TS-LL</b>	1.75 x 11.0 x 17.5	4.5 x 27.9 x 44.5
<b>Weights</b>	Pounds	Kilograms
<b>WS-C2960X-48FPD-L</b>	12.9 lbs	5.8 Kg
<b>WS-C2960X-48LPD-L</b>	12.9 lbs	5.8 Kg
<b>WS-C2960X-48TD-L</b>	9.6 lbs	4.3 Kg
<b>WS-C2960X-24PD-L</b>	12.7 lbs	5.7 Kg
<b>WS-C2960X-24TD-L</b>	8.9 lbs	4.0 Kg
<b>WS-C2960X-48FPS-L</b>	12.9 lbs	5.8 Kg
<b>WS-C2960X-48LPS-L</b>	12.9 lbs	5.8 Kg
<b>WS-C2960X-48TS-L</b>	9.4 lbs	4.2 Kg
<b>WS-C2960X-24PS-L</b>	12.8 lbs	5.8 kg
<b>WS-C2960X-24PSQ-L</b>	12.8 lbs	5.8 kg
<b>WS-C2960X-24TS-L</b>	8.9 lbs	4.0 kg
<b>WS-C2960X-48TS-LL</b>	8.9 lbs	4.0kg
<b>WS-C2960X-24TS-LL</b>	8.2 lbs	3.7 kg

**Table 14.** Cisco Catalyst 2960-XR Series Mechanical Specifications

<b>Models (The Power Supplies could add up to 3.1” to the depth of the 2960XR chassis)</b>		
<b>Dimensions</b>	<b>Inches (H x D x W)</b>	<b>Centimeters (H x D x W)</b>
<b>WS-C2960XR-48FPD-I</b>	1.75 x 16.0 x 17.5	4.45 x 40.8 x 44.5



<b>WS-C2960XR-48LPD-I</b>	1.75 x 16.0 x 17.5	4.45 x 40.8 x 44.5
<b>WS-C2960XR-48TD-I</b>	1.75 x 16.0 x 17.5	4.45 x 40.8 x 44.5
<b>WS-C2960XR-24PD-I</b>	1.75 x 16.0 x 17.5	4.45 x 40.8 x 44.5
<b>WS-C2960XR-24TD-I</b>	1.75 x 16.0 x 17.5	4.45 x 40.8 x 44.5
<b>WS-C2960XR-48FPS-I</b>	1.75 x 16.0 x 17.5	4.45 x 40.8 x 44.5
<b>WS-C2960XR-48LPS-I</b>	1.75 x 16.0x 17.5	4.45 x 40.8 x 44.5
<b>WS-C2960XR-48TS-I</b>	1.75 x 16.0 x 17.5	4.45 x 40.8 x 44.5
<b>WS-C2960XR-24PS-I</b>	1.75 x 16.0 x 17.5	4.45 x 40.8 x 44.5
<b>WS-C2960XR-24TS-I</b>	1.75 x 16.0 x 17.5	4.45 x 40.8 x 44.5
<b>Weights</b>	Pounds	Kilograms
<b>WS-C2960XR-48FPD-I</b>	14.6	6.6
<b>WS-C2960XR-48LPD-</b>	14.0	6.4
<b>WS-C2960XR-48TD-I</b>	13.3	6.1
<b>WS-C2960XR-24PD-I</b>	13.6	6.2
<b>WS-C2960XR-24TD-I</b>	13.0	5.9
<b>WS-C2960XR-48FPS-I</b>	14.7	6.7
<b>WS-C2960XR-48LPS-I</b>	14.2	6.4
<b>WS-C2960XR-48TS-I</b>	13.2	6.0
<b>WS-C2960XR-24PS-I</b>	13.7	6.2
<b>WS-C2960XR-24TS-I</b>	13.0	5.9

**Table 15.** Cisco Catalyst 2960-X Series Environmental Specifications

<b>Environmental Ranges</b>		
	<b>Fahrenheit</b>	<b>Centigrade</b>

Environmental Ranges					
Operating temperature up to 5000 ft (1500 m)	23°F to 113°F		-5°C to 45°C		
Operating temperature up to 10,000 ft (3000 m)	23°F to 104°F		-5°C to 40°C		
Short-term exception at sea level*	23°F to 131°F		-5°C to 55°C		
Short-term exception up to 5000 feet (1500 m)*	23°F to 122°F		-5°C to 50°C		
Short-term exception up to 10,000 feet (3000 m)*	23°F to 113°F		-5°C to 45°C		
Short-term exception up to 13,000 feet (4000 m)*	23° to 104°F		-5°C to 40°C		
Storage temperature up to 15,000 feet (4573 m)	-13° to 158°F		-25° to 70°C		
	Feet		Meters		
Operating altitude	Up to 10,000		Up to 3000		
Storage altitude	Up to 13,000		Up to 4000		
Operating relative humidity	10% to 95% noncondensing				
Storage relative humidity	10% to 95% noncondensing				
Acoustic Noise					
Measured per ISO 7779 and declared per ISO 9296. PoE output of 185W or less where applicable.					
Bystander positions operating mode at 25°C ambient.					
	Sound Pressure			Sound Power	
Model	LpA (Typical)	LpAD (Maximum)	LwA (Typical)	LwAD (Maximum)	
Cisco Catalyst 2960X-48FPD-L	39 dB	43 dB	4.9 B	5.3 B	

<b>Environmental Ranges</b>				
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L</b> <b>Cisco Catalyst 2960X-24PD-L</b>				
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TD-L</b> <b>Cisco Catalyst 2960X-24TD-L</b>	42 dB	46 dB	5.1 B	5.5 B
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L</b> <b>Cisco Catalyst 2960X-48LPS-L</b> <b>Cisco Catalyst 2960X-24PS-L</b>	39 dB	43 dB	4.9 B	5.3 B
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PSQ-L</b>	N/A	N/A	N/A	N/A
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-L</b> <b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-L</b>	42 dB	46 dB	5.1 B	5.5 B
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-LL</b> <b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-LL</b>	42 dB	46 dB	5.1 B	5.5 B
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPD-I</b>	40dB	43dB	5.2B	5.5B
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPD-I</b>	40dB	43dB	5.2B	5.5B
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PD-I</b>	40dB	43dB	5.2B	5.5B
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TD-I</b>	22dB	25dB	3.3B	3.6B
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TD-I</b>	22dB	25dB	3.3B	3.6B

<b>Environmental Ranges</b>				
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPS-I</b>	40dB	43dB	5.2B	5.5B
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPS-I</b>	40dB	43dB	5.2B	5.5B
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PS-I</b>	40dB	43dB	5.2B	5.5B
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TS-I</b>	22dB	25dB	3.3B	3.6B
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TS-I</b>	22dB	25dB	3.3B	3.6B
<b>Predicted Reliability</b>				
<b>Model</b>	<b>MTBF in hours **</b>			
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPD-L</b>	233,370			
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L</b>	277,960			
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PD-L</b>	325,780			
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TD-L</b>	445,460			
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TD-L</b>	569,520			
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L</b>	232,610			
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPS-L</b>	276,870			
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PS-L</b>	324,280			
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PSQ-L</b>	462,680			
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-L</b>	442,690			
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-L</b>	564,910			
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-LL</b>	476,560			
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-LL</b>	622,350			
<b>Cisco Catalyst 2960X-STACK</b>	17,128,090			

<b>Environmental Ranges</b>	
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPD-I</b>	231,590
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPD-I</b>	275,430
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PD-I</b>	322,740
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TD-I</b>	440,880
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TD-I</b>	561,890
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPS-I</b>	230,860
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPS-I</b>	274,380
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PS-I</b>	321,290
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TS-I</b>	438,130
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TS-I</b>	557,320
<b>Cisco PWR-C2-250WAC</b>	1,000,000
<b>Cisco PWR-C2-640WAC</b>	1,000,000
<b>Cisco PWR-C2-1025WAC</b>	1,000,000

\* Not more than the following in a 1-year period: 96 consecutive hours, or 360 hours total, or 15 occurrences.

\*\* Currently estimates; Later will be Based on Telcordia SR-332 Issue 2 methodology.

**Table 16.** Connectors and Interfaces

<b>Connectors and Interfaces</b>
<b>Ethernet Interfaces</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10BASE-T ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 3, 4, or 5 unshielded twisted-pair (UTP) cabling</li> <li>• 100BASE-TX ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 5 UTP cabling</li> <li>• 1000BASE-T ports: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling</li> <li>• 1000BASE-T SFP-based ports: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling</li> </ul>
<b>SFP and SFP+ Interfaces</b>
For information about supported SFP/SFP+ modules, refer to the Transceiver Compatibility matrix tables at

<b>Connectors and Interfaces</b>
<a href="http://cisco.com/en/US/products/hw/modules/ps5455/products_device_support_tables_list.html">cisco.com/en/US/products/hw/modules/ps5455/products_device_support_tables_list.html</a> .
<b>Indicator LEDs</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Per-port status: Link integrity, disabled, activity, speed, and full duplex</li> <li>• System status: System, RPS, Stack link status, link duplex, PoE, and link speed</li> </ul>
<b>Stacking Interfaces</b>
<p>Cisco Catalyst 2960-XFlexStack-Plus stacking cables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CAB-STK-E-0.5M FlexStack-Plus stacking cable with a 0.5 m length</li> <li>• CAB-STK-E-1M FlexStack-Plus stacking cable with a 1.0 m length</li> <li>• CAB-STK-E-3M FlexStack-Plus stacking cable with a 3.0 m length</li> </ul>
<b>Console</b>
<p>Cisco Catalyst 2960-X console cables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CAB-CONSOLE-RJ45 Console cable 6 ft. with RJ-45</li> <li>• CAB-CONSOLE-USB Console cable 6 ft. with USB Type A and mini-B connectors</li> </ul>
<b>Power</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• The internal power supply is an auto-ranging unit and supports input voltages between 100 and 240V AC</li> <li>• Use the supplied AC power cord to connect the AC power connector to an AC power outlet</li> <li>• The Cisco RPS connector offers connection for an optional Cisco RPS 2300 that uses AC input and supplies DC output to the switch</li> <li>• Only the Cisco RPS 2300 (model PWR-RPS2300) should be attached to the redundant-power-system receptacle</li> </ul>

**Table 17.** Management and Standards Support

Category	Specification	
<b>Management</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BRIDGE-MIB</li> <li>• CISCO-CABLE-DIAG-MIB</li> <li>• CISCO-CDP-MIB</li> <li>• CISCO-CLUSTER-MIB</li> <li>• CISCO-CONFIG-COPY-MIB</li> <li>• CISCO-CONFIG-MAN-MIB</li> <li>• CISCO-DHCP-SNOOPING-MIB</li> <li>• CISCO-ENTITY-VENDORTYPE-OID-MIB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CISCO-TC-MIB</li> <li>• CISCO-TCP-MIB</li> <li>• CISCO-UDLD-MIB</li> <li>• CISCO-VLAN-IFTABLE</li> <li>• RELATIONSHIP-MIB</li> <li>• CISCO-VLAN-MEMBERSHIP-MIB</li> <li>• CISCO-VTP-MIB</li> <li>• ENTITY-MIB</li> <li>• ETHERLIKE-MIB</li> </ul>

Category	Specification	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CISCO-ENVMON-MIB</li> <li>● CISCO-ERR-DISABLE-MIB</li> <li>● CISCO-FLASH-MIB</li> <li>● CISCO-FTP-CLIENT-MIB</li> <li>● CISCO-IGMP-FILTER-MIB</li> <li>● CISCO-IMAGE-MIB</li> <li>● CISCO-IP-STAT-MIB</li> <li>● CISCO-LAG-MIB</li> <li>● CISCO-MAC-NOTIFICATION-MIB</li> <li>● CISCO-MEMORY-POOL-MIB</li> <li>● CISCO-PAGP-MIB</li> <li>● CISCO-PING-MIB</li> <li>● CISCO-POE-EXTENSIONS-MIB</li> <li>● CISCO-PORT-QOS-MIB</li> <li>● CISCO-PORT-SECURITY-MIB</li> <li>● CISCO-PORT-STORM-CONTROL-MIB</li> <li>● CISCO-PRODUCTS-MIB</li> <li>● CISCO-PROCESS-MIB</li> <li>● CISCO-RTTMON-MIB</li> <li>● CISCO-SMI-MIB</li> <li>● CISCO-STP-EXTENSIONS-MIB</li> <li>● CISCO-SYSLOG-MIB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE8021-PAE-MIB</li> <li>● IEEE8023-LAG-MIB</li> <li>● IF-MIB</li> <li>● INET-ADDRESS-MIB</li> <li>● OLD-CISCO-CHASSIS-MIB</li> <li>● OLD-CISCO-FLASH-MIB</li> <li>● OLD-CISCO-INTERFACES-MIB</li> <li>● OLD-CISCO-IP-MIB</li> <li>● OLD-CISCO-SYS-MIB</li> <li>● OLD-CISCO-TCP-MIB</li> <li>● OLD-CISCO-TS-MIB</li> <li>● RFC1213-MIB</li> <li>● RMON-MIB</li> <li>● RMON2-MIB</li> <li>● SNMP-FRAMEWORK-MIB</li> <li>● SNMP-MPD-MIB</li> <li>● SNMP-NOTIFICATION-MIB</li> <li>● SNMP-TARGET-MIB</li> <li>● SNMPv2-MIB</li> <li>● TCP-MIB</li> <li>● UDP-MIB</li> <li>● ePM MIB</li> <li>● CISCO-FLEXSTACK-PLUS-MIB (2960-X)</li> </ul>
	For an updated list of supported MIBs, refer to the MIB Locator at <a href="http://cisco.com/go/mibs">cisco.com/go/mibs</a> .	
<b>Standards</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol</li> <li>● IEEE 802.1p CoS Prioritization</li> <li>● IEEE 802.1Q VLAN</li> <li>● IEEE 802.1s</li> <li>● IEEE 802.1w</li> <li>● IEEE 802.1X</li> <li>● IEEE 802.1ab (LLDP)</li> <li>● IEEE 802.3ad</li> <li>● IEEE 802.3af and IEEE 802.3at</li> <li>● IEEE 802.3ah (100BASE-X single/multimode fiber only)</li> <li>● IEEE 802.3x full duplex on 10BASE-T, 100BASE-TX, and 1000BASE-T ports</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● IEEE 802.3 10BASE-T</li> <li>● IEEE 802.3u 100BASE-TX</li> <li>● IEEE 802.3ab 1000BASE-T</li> <li>● IEEE 802.3z 1000BASE-X</li> <li>● RMON I and II standards</li> <li>● SNMP v1, v2c, and v3</li> <li>● IEEE 802.3az</li> <li>● IEEE 802.3ae 10Gigabit Ethernet</li> <li>● IEEE 802.1ax</li> </ul>

Category	Specification	
<b>RFC compliance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● RFC 768 - UDP</li> <li>● RFC 783 - TFTP</li> <li>● RFC 791 - IP</li> <li>● RFC 792 - ICMP</li> <li>● RFC 793 - TCP</li> <li>● RFC 826 - ARP</li> <li>● RFC 854 - Telnet</li> <li>● RFC 951 - Bootstrap Protocol (BOOTP)</li> <li>● RFC 959 - FTP</li> <li>● RFC 1112 - IP Multicast and IGMP</li> <li>● RFC 1157 - SNMP v1</li> <li>● RFC 1166 - IP Addresses</li> <li>● RFC 1256 - Internet Control Message Protocol (ICMP) Router Discovery</li> <li>● RFC 1305 - NTP</li> <li>● RFC 1492 - TACACS+</li> <li>● RFC 1493 - Bridge MIB</li> <li>● RFC 1542 - BOOTP extensions</li> <li>● RFC 1643 - Ethernet Interface MIB</li> <li>● RFC 1757 - RMON</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● RFC 1901 - SNMP v2C</li> <li>● RFC 1902-1907 - SNMP v2</li> <li>● RFC 1981 - Maximum Transmission Unit (MTU) Path Discovery IPv6</li> <li>● RFC 2068 - HTTP</li> <li>● RFC 2131 - DHCP</li> <li>● RFC 2138 - RADIUS</li> <li>● RFC 2233 - IF MIB v3</li> <li>● RFC 2373 - IPv6 Aggregatable Addrs</li> <li>● RFC 2460 - IPv6</li> <li>● RFC 2461 - IPv6 Neighbor Discovery</li> <li>● RFC 2462 - IPv6 Autoconfiguration</li> <li>● RFC 2463 - ICMP IPv6</li> <li>● RFC 2474 - Differentiated Services (DiffServ) Precedence</li> <li>● RFC 2597 - Assured Forwarding</li> <li>● RFC 2598 - Expedited Forwarding</li> <li>● RFC 2571 - SNMP Management</li> <li>● RFC 3046 - DHCP Relay Agent Information Option</li> <li>● RFC 3376 - IGMP v3</li> <li>● RFC 3580 - 802.1X RADIUS</li> </ul>

**Table 18.** Voltage and Power Ratings

Input Voltage and Current				
Model	Voltage (Auto ranging)	Current	Frequency	
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPD-L</b>	100 to 240 VAC	9A-4A	50 to 60Hz	
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L</b>		5A-2A		
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PD-L</b>		5A-2A		
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TD-L</b>		1A - 0.5A		
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TD-L</b>		1A to 0.5A		



Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L		9A - 4A	
Cisco Catalyst 2960X-48LPS-L		5A - 2A	
Cisco Catalyst 2960X-24PS-L		5A - 2A	
Cisco Catalyst 2960X-24PSQ-L		2A - 4A	
Cisco Catalyst 2960X-48TS-L		1A-0.5A	
Cisco Catalyst 2960X-24TS-L		1A - 0.5A	
Cisco Catalyst 2960X-48TS-LL		1A - 0.5A	
Cisco Catalyst 2960X-24TS-LL		1A - 0.5A	
Cisco Catalyst 2960XR-48FPD-I	100 to 240 VAC	10A to 5A	50 to 60Hz
Cisco Catalyst 2960XR-48LPD-I		6A to 3 A	
Cisco Catalyst 2960XR-24PD-I		6A to 3 A	
Cisco Catalyst 2960XR-48TD-I		1A to 0.5 A	
Cisco Catalyst 2960XR-24TD-I		1A to 0.5 A	
Cisco Catalyst 2960XR-48FPS-I		10A to 5 A	
Cisco Catalyst 2960XR-48LPS-I		6A to 3 A	
Cisco Catalyst 2960XR-24PS-I		6A to 3 A	
Cisco Catalyst 2960XR-48TS-I		1A to 0.5 A	
Cisco Catalyst 2960XR-24TS-I		1A to 0.5 A	
Power Rating (Switch maximum consumption values)			
Cisco Catalyst 2960X-48FPD-L	0.89 kVA		
Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L	0.48 kVA		
Cisco Catalyst 2960X-24PD-L	0.47 kVA		

<b>Cisco Catalyst 2960X-48TD-L</b>	0.049 kVA
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TD-L</b>	0.034 kVA
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L</b>	0.89 kVA
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPS-L</b>	0.49 kVA
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PS-L</b>	0.49 kVA
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PSQ-L</b>	0.16 kVA
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-L</b>	0.051 kVA
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-L</b>	0.039 kVA
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-LL</b>	0.46KVA
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-LL</b>	0.035KVA
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPD-I</b>	0.89KVA
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPD-I</b>	0.48KVA
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PD-I</b>	0.46KVA
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TD-I</b>	0.047KVA
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TD-I</b>	0.039KVA
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPS-I</b>	0.89KVA
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPS-I</b>	0.47KVA
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PS-I</b>	0.46KVA
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TS-I</b>	0.046KVA
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TS-I</b>	0.038KVA

<b>DC Input Voltages (RPS Input) - Only for 2960-X LAN Base Switches</b>		
	12V	53V

<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPD-L</b>	4A	15A
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L</b>	4A	8A
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PD-L</b>	3A	8A
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TD-L</b>	4A	N/A
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TD-L</b>	3A	N/A
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L</b>	4A	15A
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPS-L</b>	4A	8A
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PS-L</b>	3A	8A
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PSQ-L</b>	N/A	N/A
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-L</b>	5A	N/A
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-L</b>	4A	N/A

**Note:** The wattage rating on the power supply does not represent actual power draw. It indicates the maximum power draw possible by the power supply. This rating can be used for facility capacity planning. For PoE switches, cooling requirements are smaller than total power draw as a significant portion of the load is dissipated in the endpoints.

**Table 19.** Power Consumption<sup>[1]</sup>

<b>Measured Power Consumption in Watts<sup>[2]</sup></b>				
<b>Model</b>	<b>0% Traffic<sup>[3]</sup></b>	<b>10% Traffic</b>	<b>100% Traffic</b>	<b>Weighted Average</b>
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPD-L</b>	50.8	65.9	66.7	66.0
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPD-L</b>	45.7	61.1	62.0	61.2
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PD-L</b>	44.7	52.3	53.1	52.3
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TD-L</b>	32.9	47.0	47.8	47.1

<b>Cisco Catalyst 2960X-24TD-L</b>	24.9	32.2	33.1	32.3
<b>Cisco Catalyst 2960X-48FPS-L</b>	51.9	66.6	66.8	66.6
<b>Cisco Catalyst 2960X-48LPS-L</b>	46.7	60.8	61.1	60.9
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PS-L</b>	41.4	49.0	49.2	49.0
<b>Cisco Catalyst 2960X-24PSQ-L</b>	28.5	32.8	34.8	33.0
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-L</b>	34.9	49.5	49.7	49.5
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-L</b>	28.0	36.8	37.1	36.9
<b>Cisco Catalyst 2960X-48TS-LL</b>	31.4	44.3	44.5	44.4
<b>Cisco Catalyst 2960X-24TS-LL</b>	25.2	32.0	32.0	32.0
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPD-I</b>	46.7	61.8	62.5	61.9
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPD-I</b>	40.7	54.6	55.9	54.8
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PD-I</b>	36.1	42.9	43.7	43.0
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TD-I</b>	29.7	44.7	45.6	44.8
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TD-I</b>	29.3	37.2	38.1	37.3
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48FPS-I</b>	44.8	58.5	58.8	58.5
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48LPS-I</b>	37.9	52.8	53.0	52.9

<b>Cisco Catalyst 2960XR-24PS-I</b>	36.5	43.2	43.4	43.2
<b>Cisco Catalyst 2960XR-48TS-I</b>	30.0	44.8	45.0	44.8
<b>Cisco Catalyst 2960XR-24TS-I</b>	28.8	36.0	36.2	36.0

**Table 20.** Safety and Compliance

<b>Specification</b>	<b>Description</b>
<b>Safety</b>	UL 60950-1 Second Edition CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1 Second Edition EN 60950-1 Second Edition IEC 60950-1 Second Edition AS/NZS 60950-1
<b>EMC - Emissions</b>	47CFR Part 15 (CFR 47) Class A AS/NZS CISPR22 Class A CISPR22 Class A EN55022 Class A ICES003 Class A VCCI Class A EN61000-3-2 EN61000-3-3 KN22 Class A CNS13438 Class A
<b>EMC - Immunity</b>	EN55024 CISPR24 EN300386 KN24
<b>Environmental</b>	Reduction of Hazardous Substances (RoHS) including Directive 2011/65/EU
<b>Telco</b>	Common Language Equipment Identifier (CLEI) code
<b>US Government Certifications</b>	USGv6 and IPv6 Ready Logo

**Cisco Enhanced Limited Lifetime Hardware Warranty**

Cisco Catalyst 2960-X Series Switches come with an enhanced limited lifetime warranty (E-LLW). The E-LLW provides the same terms as Cisco's standard limited lifetime warranty but adds next business day delivery of replacement hardware, where available, and 90 days of 8X5 Cisco Technical Assistance Center (TAC) support.

Your formal warranty statement, including the warranty applicable to Cisco software, appears in the Cisco information packet that accompanies your Cisco product. We encourage you to review carefully the warranty statement shipped with your specific product before use.

Cisco reserves the right to refund the purchase price as its exclusive warranty remedy. For further information about warranty terms, visit <http://www.cisco.com/go/warranty>.

**Table 21.** Warranty Terms

<b>Cisco Enhanced Limited Lifetime Hardware Warranty</b>	
<b>Device covered</b>	Applies to all Cisco Catalyst 2960-X Series Switches.
<b>Warranty duration</b>	As long as the original end user continues to own or use the product.
<b>End-of-life policy</b>	In the event of discontinuance of product manufacture, Cisco warranty support is limited to five (5) years from the announcement of discontinuance.
<b>Hardware replacement</b>	Cisco or its service center will use commercially reasonable efforts to ship a Cisco Catalyst 2960-X replacement part for next business day delivery, where available. Otherwise, a replacement will be shipped within ten (10) working days after the receipt of the RMA request. Actual delivery times may vary depending on customer location.
<b>Effective date</b>	Hardware warranty commences from the date of shipment to customer (and in case of resale by a Cisco reseller, not more than ninety [90] days after original shipment by Cisco).
<b>TAC support</b>	Cisco will provide during customer's local business hours, 8 hours per day, 5 days per week basic configuration, diagnosis, and troubleshooting of device-level problems for up to 90 days from the date of shipment of the originally purchased Cisco Catalyst 2960-X product. This support does not include solution or network-level support beyond the specific device under consideration.
<b>Cisco.com Access</b>	Warranty allows guest access only to Cisco.com.

## Software Policy

Customers with Cisco Catalyst IP Lite, LAN Base and LAN Lite software feature sets will be provided with maintenance updates and bug fixes designed to maintain the compliance of the software with published specifications, release notes, and industry standards compliance as long as the original end user continues to own or use the product or up to one year from the end-of-sale date for this product, whichever occurs earlier.

This policy supersedes any previous warranty or software statement and is subject to change without notice.

## Technical Support and Services

**Table 22.** Technical Services Available for Cisco Catalyst 2960-X Series Switches

Technical Services
<b>Cisco SMARTnet Service</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Around-the-clock, global access to the Cisco TAC</li> <li>• Unrestricted access to the extensive Cisco.com knowledge base and tools</li> <li>• Next-business-day, 8x5x4, 24x7x4, or 24x7x2 advance hardware replacement and onsite parts replacement and installation available<sup>1</sup></li> <li>• Ongoing operating system software updates within the licensed feature set<sup>2</sup></li> <li>• Proactive diagnostics and real-time alerts on Smart Call Home enabled devices</li> </ul>
<b>Cisco Smart Foundation Service</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Next-business-day advance hardware replacement as available</li> <li>• Access to SMB TAC during business hours (access levels vary by region)</li> <li>• Access to Cisco.com SMB knowledge base</li> <li>• Online technical resources through Smart Foundation Portal</li> <li>• Operating system software bug fixes and patches</li> </ul>
<b>Cisco Smart Care Service</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Network-level coverage for the needs of small and medium-sized businesses</li> <li>• Proactive health checks and periodic assessments of Cisco network foundation, voice, and security technologies</li> <li>• Technical support for eligible Cisco hardware and software through Smart Care Portal</li> <li>• Cisco operating system and application software updates and upgrades<sup>2</sup></li> <li>• Next-business-day advance hardware replacement as available, 24x7x4 option available<sup>1</sup></li> </ul>
<b>Cisco SP Base Service</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Around-the-clock, global access to the Cisco TAC</li> <li>• Registered access to Cisco.com</li> <li>• Next-business-day, 8x5x4, 24x7x4, and 24x7x2 advance hardware replacement. Return to factory option available<sup>1</sup></li> <li>• Ongoing operating system software updates<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Cisco Focused Technical Support Services</b>

Technical Services
<p>Three levels of premium, high-touch services are available:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cisco High-Touch Operations Management Service</li> <li>• Cisco High-Touch Technical Support Service</li> <li>• Cisco High-Touch Engineering Service</li> </ul> <p>Valid Cisco SMARTnet or SP Base contracts are required on all network equipment</p>

<sup>1</sup> Advance hardware replacement is available in various service-level combinations. For example, 8x5xNBD indicates that shipment will be initiated during the standard 8-hour business day, 5 days a week (the generally accepted business days within the relevant region), with next-business-day (NBD) delivery. Where NBD is not available, same day shipping is provided. Restrictions apply; please review the appropriate service descriptions for details.

<sup>2</sup> Cisco operating system updates include the following: maintenance releases, minor updates, and major updates within the licensed feature set.

## Ordering Information

**Table 23.** Cisco Catalyst 2960-X Series Switches Ordering Information

Part Number	10/100/1000 Ethernet Interfaces	Uplink Interfaces	Cisco IOS Software Feature Set	Available PoE Power	FlexStack-Plus Stacking
<b>WS-C2960X-48FPD-L</b>	48	2 SFP+	LAN Base	740W	Optional
<b>WS-C2960X-48LPD-L</b>	48	2 SFP+	LAN Base	370W	Optional
<b>WS-C2960X-24PD-L</b>	24	2 SFP+	LAN Base	370W	Optional
<b>WS-C2960X-48TD-L</b>	48	2 SFP+	LAN Base	-	Optional
<b>WS-C2960X-24TD-L</b>	24	2 SFP+	LAN Base	-	Optional



<b>Part Number</b>	<b>10/100/1000 Ethernet Interfaces</b>	<b>Uplink Interfaces</b>	<b>Cisco IOS Software Feature Set</b>	<b>Available PoE Power</b>	<b>FlexStack-Plus Stacking</b>
<b>WS-C2960X-48FPS-L</b>	48	4 SFP	LAN Base	740W	Optional
<b>WS-C2960X-48LPS-L</b>	48	4 SFP	LAN Base	370W	Optional
<b>WS-C2960X-24PS-L</b>	24	4 SFP	LAN Base	370W	Optional
<b>WS-C2960X-24PSQ-L</b>	24	2 SFP, 2 10/100/1000BT	LAN Base	110W	No
<b>WS-C2960X-48TS-L</b>	48	4 SFP	LAN Base	-	Optional
<b>WS-C2960X-24TS-L</b>	24	4 SFP	LAN Base	-	Optional
<b>WS-C2960X-48TS-LL</b>	48	2 SFP	LAN Lite	-	No
<b>WS-C2960X-24TS-LL</b>	24	2 SFP	LAN Lite	-	No

**Table 24.** Cisco Catalyst 2960-XR Configurations Ordering Information

<b>Part Number</b>	<b>10/100/1000 Ethernet Interfaces</b>	<b>Uplink Interfaces</b>	<b>Cisco IOS Software Feature Set</b>	<b>Available PoE Power</b>	<b>Second FRU Power Supply Option</b>	<b>FlexStack-Plus Stacking</b>

<b>WS-C2960XR-48FPD-I</b>	48	2 SFP+	IP Lite	740W	1025 W	Optional
<b>WS-C2960XR-48LPD-I</b>	48	2 SFP+	IP Lite	370W	640W	Optional
<b>WS-C2960XR-24PD-I</b>	24	2 SFP+	IP Lite	370W	640W	Optional
<b>WS-C2960XR-48TD-I</b>	48	2 SFP+	IP Lite	-	250W	Optional
<b>WS-C2960XR-24TD-I</b>	24	2 SFP+	IP Lite	-	250W	Optional
<b>WS-C2960XR-48FPS-I</b>	48	4 SFP	IP Lite	740W	1025 W	Optional
<b>WS-C2960XR-48LPS-I</b>	48	4 SFP	IP Lite	370W	640W	Optional
<b>WS-C2960XR-24PS-I</b>	24	4 SFP	IP Lite	370W	640W	Optional
<b>WS-C2960XR-48TS-I</b>	48	4 SFP	IP Lite	-	250W	Optional
<b>WS-C2960XR-24TS-I</b>	24	4 SFP	IP Lite	-	250W	Optional

**Table 25.** Cisco Catalyst 2960-X Accessories

<b>Part Numbers</b>	<b>Description</b>
<b>C2960X-STACK</b>	FlexStack-Plus hot-swappable stacking module
<b>CAB-STK-E-0.5M</b>	FlexStack-Plus stacking cable with a 0.5 m length

<b>CAB-STK-E-1M</b>	FlexStack-Plus stacking cable with a 1.0 m length
<b>CAB-STK-E-3M</b>	FlexStack-Plus stacking cable with a 3.0 m length
<b>CAB-CONSOLE-RJ45</b>	Console cable 6 feet with RJ45
<b>CAB-CONSOLE-USB</b>	Console cable 6 feet with USB Type A and mini-B connectors
<b>PWR-CLP</b>	Power cable restraining clip
<b>RCKMNT-1RU-2KX=</b>	Spare rack-mount kit for Cisco Catalyst 2960-X and 2960-XR Series for 19-inch racks
<b>RCKMNT-REC-2KX=</b>	1 RU recessed rack-mount kit for Cisco Catalyst 2960-X and 2960-XR Series

**Table 26.** Cisco Catalyst 2960-X Redundant Power Supply Options

Part Numbers	Description
<b>PWR-RPS2300</b>	Cisco Redundant Power System 2300 and blower, no power supply
<b>BLNK-RPS2300=</b>	Spare bay insert for Cisco Redundant Power System 2300 for Cisco Catalyst 2960 and Cisco Catalyst 2960-X switches
<b>CAB-RPS2300-E=</b>	Spare RPS2300 cable for Cisco Catalyst 2960-X switches
<b>BLWR-RPS2300=</b>	Spare 45 CFM blower for RPS 2300
<b>C3K-PWR-750WAC=</b>	RPS 2300 750W AC power supply spare for Cisco Catalyst 2960-X

For more information about the RPS-2300, visit [cisco.com/en/US/products/ps7130/index.html](http://cisco.com/en/US/products/ps7130/index.html).

**Table 27.** Cisco Catalyst 2960-XR Power Supply Options

Part Numbers	Description
<b>PWR-C2-250WAC<sup>[4]</sup></b>	Second FRU power supply and fan for all non-PoE 2960-XR switches, provides 250W AC of power

<b>PWR-C2-640WAC<sup>4</sup></b>	Second FRU power supply and fan for all 370W PoE+ 2960-XR switches, provides 640W AC of power
<b>PWR-C2-1025WAC<sup>4</sup></b>	Second FRU power supply and fan for all 740W PoE+ 2960-XR switches, provides 1025W AC of power
<b>PWR-C2-250WAC=</b>	Spare FRU power supply and fan for all non-PoE 2960-XR switches, provides 250W AC of power
<b>PWR-C2-640WAC=</b>	Spare FRU power supply and fan for all 370W PoE+ 2960-XR switches, provides 640W AC of power
<b>PWR-C2-1025WAC=</b>	Spare FRU power supply and fan for all 740W PoE+ 2960-XR switches, provides 1025W AC of power

**Table 28.** Cisco Catalyst 2960-X and 2960-XR SFP/SFP+ Modules

<b>SFP and SFP+ Modules</b>
For the list of supported SFP and SFP+ modules, visit <a href="http://www.cisco.com/en/US/products/hw/modules/ps5455/products_device_support_tables_list.html">http://www.cisco.com/en/US/products/hw/modules/ps5455/products_device_support_tables_list.html</a> .

**Table 29.** Power Cords for Cisco Catalyst 2960-X Product Family

<b>Part Numbers</b>	<b>Description</b>
<b>CAB-16AWG-AC</b>	AC power cord, 16AWG
<b>CAB-ACE</b>	AC power cord (Europe), C13, CEE 7, 1.5M
<b>CAB-L620P-C13-US</b>	Power cord, 250VAC, 15A, NEMA L6-20 to C13, US
<b>CAB-ACI</b>	AC power cord (Italy), C13, CEI 23-16, 2.5m
<b>CAB-ACU</b>	AC power cord (UK), C13, BS 1363, 2.5m
<b>CAB-ACA</b>	AC power cord (China/Australia), C13, AS 3112, 2.5m
<b>CAB-ACS</b>	AC power cord (Switzerland), C13, IEC 60884-1, 2.5m
<b>CAB-ACR</b>	AC power cord (Argentina), C13, EL 219 (IRAM 2073), 2.5m
<b>CAB-ACC</b>	CORD, PWR, CHINA, 10A, IEC 320, C13 (APN=CS-PWR-CH)

<b>CAB-JPN-12A</b>	CABASY, POWER CORD, JAPAN 2P, PSE, 12A @125VAC
<b>CAB-L620P-C13-JPN</b>	Power cord, 250VAC, 15A, NEMA L6-20 to C13, JAPAN
<b>CAB-IND</b>	Power cable for India
<b>CAB-C15-ISR</b>	Power cable for Israel
<b>CAB-ACSA</b>	Power cable for South Africa
<b>CAB-AC15A-90L-US</b>	15A AC power cord, left angle (United States)
<b>CAB-ACE-RA</b>	Power cord Europe, right angle
<b>CAB-ACI-RA</b>	Power cord Italian, right angle
<b>CAB-ACU-RA</b>	Power cord UK, right angle
<b>CAB-ACC-RA</b>	Power cord China, right angle
<b>CAB-ACA-RA</b>	Power cord, Australian, right angle
<b>CAB-ACS-RA</b>	Power cord for Switzerland, right angle
<b>CAB-ACR-RA</b>	Power cord, Argentina, right angle
<b>CAB-JPN-RA</b>	Power cord, Japan, right angle
<b>CAB-C15-CBN</b>	Cabinet jumper power cord, 250 VAC 13A, C14-C15 connectors
<b>CAB-ACBZ-12A</b>	AC power cord (Brazil) 12A/125V BR-3-20 plug for less than 12A device

**Table 30.** Power Cords for Cisco Catalyst 2960-XR Product Family

<b>Part Numbers</b>	<b>Description</b>
<b>CAB-TA-NA=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (North America)
<b>CAB-TA-AP=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (Australia)
<b>CAB-TA-AR=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (Argentina)

<b>CAB-TA-SW=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (Switzerland)
<b>CAB-TA-UK=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (United Kingdom)
<b>CAB-TA-JP=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (Japan)
<b>CAB-TA-250V-JP=</b>	Japan 250VAC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (Japan)
<b>CAB-TA-EU=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (Europe)
<b>CAB-TA-IT=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (Italy)
<b>CAB-TA-IN=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (India)
<b>CAB-TA-CN=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (China)
<b>CAB-TA-DN=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (Denmark)
<b>CAB-TA-IS=</b>	AC power cord for Cisco Catalyst 2960XR (Israel)
<b>CAB-C15-CBN=</b>	Cabinet jumper power cord, 250 VAC 13A, C14-C15 connectors
<b>CAB-C15-CBN-JP=</b>	Japan Cabinet Jumper Power Cord, 250 VAC 13A, C14-C15
<b>CAB-TA-JP-RA=</b>	Japan AC Right Angled Power Cord for Cisco Catalyst 2960XR

## A.2. Cisco Catalyst 4500X-16SFP+

### Product Overview

Cisco® Catalyst® 4500-X Series Switch (Figure 1) is a fixed aggregation switch that delivers best-in-class scalability, simplified network virtualization, and integrated network services for space-constrained environments in campus networks. It meets business growth objectives with unprecedented scalability, simplifies network virtualization with support for one-to-many (Cisco Easy Virtual Networks [EVN]) and many-to-one (Virtual Switching System [VSS]) virtual networks, and enables emerging applications by integrating many network services.

The Cisco Catalyst 4500-X Series offers key innovations, including:

- **Platform Scalability:** Delivers up-to 800 Gbps of switching capacity, capable of scaling up to 1.6-Tbps capacity with the VSS technology. Future-proof investment with modular uplink and auto-detect 10 Gigabit Ethernet and 1 Gigabit Ethernet ports.
- **High Availability:** Delivers the network availability demanded by business-critical enterprise applications through comprehensive high-availability capabilities, including VSS and EVN. Furthermore, innovative features such as redundant hot swappable fans and power supplies with AC to DC, and DC to AC failover remove single point of failure in network.
- **Application Monitoring:** Enhanced application monitoring through Flexible Netflow and eight ports of line rate bidirectional Switched Port Analyzer (SPAN)/Remote Switched Port Analyzer (RSPAN). In addition Cisco IOS® XE Software provides the ability to host third-party applications.
- **Security:** Support for Cisco TrustSec™ technologies as well as robust control plane policing (CoPP) to address denial of service attacks.
- **Simplified Operations:** Support for Smart Install Director, providing a single point of management enabling zero-touch deployment for new switches and stacks in campus and branch networks.



### Cisco Catalyst 4500-X Series Switch Family

Cisco Catalyst 4500-X Series provides scalable, fixed-campus aggregation solutions in space-constrained environments. The solution provides flexibility to build desired port density through two versions of base switches along with optional network module, providing line-rate 10GE capability. Both the 32-port and 16-port versions can be configured with optional network modules and offer similar features. The Small Form-Factor Pluggable Plus (SFP+) interface supports both 10 Gigabit Ethernet and 1 Gigabit

Ethernet ports, allowing customers to use their investment in 1 Gigabit Ethernet SFP and upgrade to 10 Gigabit Ethernet when business demands change, without having to do a comprehensive upgrade of the existing deployment. The uplink module is hot swappable.

Following are key offering from this product family:

- 32 x 10 Gigabit Ethernet Port switch with optional module slot (Figure 1)
- 16 x 10 Gigabit Ethernet Port switch with optional module slot (Figure 2)
- 8 x 10 Gigabit Ethernet Port uplink module (Figure 3)

**Figure 1.** 32 x 10 Gigabit Ethernet Port Switch with Optional Uplink Module Slot



**Figure 2.** 16 x 10 Gigabit Ethernet Port Switch with Optional Uplink Module Slot



**Figure 3.** 8 x 10 Gigabit Ethernet Port Uplink Module



In addition, both 32 port and 16 port versions are available with front-to-back and back-to-front airflow. The front-to-back airflow switch comes with matching burgundy color fan and power supply handle to indicate warm side. Similarly, back-to-front airflow switch fan and power supply handles are color-coded in blue to indicate cool side. Figure 5 and Figure 6 show rear view of the switch with front-to-back and back-to-back airflow respectively.

**Figure 4.** Front-to-Back Airflow Rear View



**Figure 5.** Back-to-Front Airflow RearView





Cisco Catalyst 4500-X switch provides redundant hot swappable fans and power supplies (Figure 7) for highest resiliency with no single point of failure.

**Figure 6.** Redundant Fan and Power Supply



### Cisco Catalyst 4500-X Switch Series Feature Highlights

Cisco Catalyst 4500-X Series Switch provides nonblocking 10 Gigabit Ethernet per port bandwidth and Cisco IOS Flexible NetFlow for optimized application visibility. In addition to this, the enterprise-class Cisco Catalyst 4500-X offers the following:

- **Performance and scalability**

- 800-Gbps switching capacity with up to 250 Mpps of throughput
- External USB and SD card support for flexible storage options
- 10/100/1000 RJ-45 console and management port
- IPv6 support in hardware, providing wired-network-rate forwarding for IPv6 networks and support for dual stack with innovative resource utilization
- Dynamic hardware forwarding-table allocations for ease of IPv4-to-IPv6 migration
- Scalable routing (IPv4, IPv6, and multicast) tables, Layer 2 tables, and ACL and quality of service (QoS) entries to make use of eight queues per port and comprehensive security policies per port

- **Infrastructure services**

- Cisco IOS XE Software, the modular open application platform for virtualized borderless services
- Maximum resiliency with redundant components, Nonstop Forwarding/Stateful Switchover (NSF/SSO), and In-Service Software Upgrade (ISSU) support in a VSS enabled system
- Network virtualization through Multi-VRF technology for Layer 3 segmentation
- Automation through Embedded Event Manager (EEM), Cisco Smart Call Home, AutoQoS, and Auto SmartPorts for fast provisioning, diagnosis, and reporting

- **Cisco Borderless Networks services**

- Optimized application performance through deep visibility with Flexible NetFlow supporting rich Layer 2/3/4 information (MAC, VLAN, TCP flags) and synthetic traffic monitoring with IP service-level agreement (SLA)
- Medianet capabilities to simplify video quality of service, monitoring, and security. In addition, multicast features such as Protocol Independent Multicast (PIM) and Source-Specific Multicast (SSM) provide enterprise customers with the additional scalability to support multimedia applications

- **Investment protection and reduced TCO**

Cisco Catalyst 4500-X Series eliminates the need for standalone solutions by integrating many network services. Customers can lower the total cost of ownership while streamlining management and accelerating deployment time. Integrated network services available on Cisco Catalyst 4500-X Series include:

- Application visibility and control (Flexible NetFlow, Cisco IOS Embedded Event Manager)
- Security with Cisco TrustSec<sup>1</sup>
- Troubleshooting video or any User Datagram Protocol-based flows (Mediatrace)
- Video network readiness assessment (built-in traffic simulator with IP SLA Video Operation)
- Ability to run third-party applications (Wireshark)

Table 1 highlights the performance and scalability enhancements of the Cisco Catalyst 4500-X Series Switches.

**Table 1.** Cisco Catalyst 4500-X Switch Series Performance and Scalability Features

Product Number	Description
----------------	-------------

Product Number	Description
<b>System</b>	
<b>Base System</b>	Front to Back Airflow: <ul style="list-style-type: none"> <li>● 32x10 GE SFP+/SFP - WS-C4500X-32SFP+</li> <li>● 16x10 GE SFP+/SFP - WS-C4500X-16SFP+</li> </ul> Back to Front Airflow: <ul style="list-style-type: none"> <li>● 32x10 GE SFP+/SFP - WS-C4500X-F-32SFP+</li> <li>● 16x10 GE SFP+/SFP - WS-C4500X-F-16SFP+</li> </ul>
<b>Expansion Module (Optional)</b>	8x10 GE SFP+/SFP - C4KX-NM-8SFP+
<b>Management Port</b>	10/100/1000 Base-T
<b>USB Port</b>	Type A (storage and boot) up-to 4 GB
<b>Dual Power Supply</b>	Yes
<b>Field Replaceable Fans</b>	Yes (5 fans)
<b>Fan Redundancy</b>	No performance impact with single fan failure
<b>Scalability</b>	
<b>System Throughput</b>	Up to 800 Gbps
<b>IPv4 Routing in Hardware</b>	Up to 250 Mpps
<b>IPv6 Routing in Hardware</b>	Up to 125 Mpps
<b>L2 Bridging in Hardware</b>	Up to 250 Mpps
<b>Media Access Control (MAC) Entries</b>	55K
<b>Forwarding Entries</b>	32x10 GE Port Base SKU: IPv4: 256K, IPv6: 128K 16x10 GE Port Base SKU: IPv4: 64K, IPv6: 32K

Product Number	Description
Flexible Netflow Entries	128K
Switched Port Analyzer (SPAN), Remote Switched Port Analyzer (RSPAN)	8 line rate bidirectional sessions (ingress and egress)
Total VLANs	4094
Total Switched Virtual Interfaces (SVIs)	4094
IGMP groups	32K
Multicast routes	32x10 GE Port Base SKU: IPv4: 32K, IPv6: 32K 16x10 GE Port Base SKU: IPv4: 24K, IPv6: 12K
Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Snooping Entries	12K (DHCP snooping bindings)
ARP Entries	47K
Spanning Tree Protocol Instances	10K
Jumbo Frame Support for Bridged and Routed Packets	Up to 9216 bytes
<b>High Availability and Resiliency</b>	
High Availability Solution	Virtual Switching System (VSS)
Number of stackable switches in VSS	Up to 2
VSS Throughput	Up to 1.6 Tbps
Virtual Switch Link	1GE or 10GE
Max number of Virtual Switch Links	8
In-Service Software Upgrade	Across the switches
Nonstop Forwarding with Stateful Switchover	Across the switches
<b>CPU and Memory</b>	

Product Number	Description
Onboard Memory (SRAM DDR -II)	4 GB
Port Buffers	32-MB Shared Memory
CPU	Dual Core 1.5 GHz
NVRAM	2 GB
Optional External Memory (SD Card)	2 GB
<b>QoS Features</b>	
Port Queues	8 Queues/Port
CPU Queues	64
QoS Entries	128K (64K ingress and 64K in egress) Shared with ACL
Aggregate Rate-Limiting	Ingress port or VLAN and egress VLAN or Layer 3 port
Rate-Limiting Level Types	Committed Information Rate (CIR), Peak Information Rate (PIR)
Aggregate Traffic Rate-Limiting Policers (1K=1024)	16K
Flow-Based Rate-Limiting Method; Number of Rates	Supported using flow-records in the classification criteria and policing action
Qos Policy Enforcement	Per Port or Per Vlan or Per Port, Per VLAN Granularity
Class of Service (CoS)	Yes
Differentiated Services Code Point (DSCP)	Yes
<b>Security Features</b>	
Port Security	Yes
IEEE 802.1x and 802.1x Extensions	Yes
VLAN, Router, and Port ACLs	Yes

Product Number	Description
<b>Security ACL Entries (1K=1024)</b>	128K (64K ingress and 64K in egress) Shared with QoS
<b>Unicast Reverse Path Forwarding (uRPF) Check in Hardware</b>	Yes
<b>CPU Rate Limiters (DoS Protection) Includes Control Plane Policing</b>	Yes
<b>Private VLANs</b>	Yes
<b>Micro Flow Policer</b>	Yes. Supported using flow records in the class-map
<b>CPU HW Rate Limiters by Packet Per Second (pps) and Bit Rate Policers (bps)</b>	Supported in hardware control-plane policing (CoPP)
<b>Control Plane Policing (CoPP) for Multicast</b>	Yes
<b>ACL Labels</b>	Yes
<b>Port ACL</b>	Yes
<b>Traffic Storm Control (formally known as Broadcast/Multicast Suppression)</b>	Yes
<b>Virtualization Features</b>	
<b>VRF-Lite Scalability</b>	64
<b>Easy Virtual Network (EVN) Scalability</b>	32
<b>Simplified Operations</b>	
<b>Smart Install</b>	Smart Install Director <sup>2</sup>

<sup>2</sup>. Smart Install Director support in VSS mode will be available in a future software release.

## Continued Innovations through Infrastructure Services

### Modular Open Application Platform, Cisco IOS XE Software

Cisco IOS XE Software is the open service platform software operating system for the Cisco Catalyst 4500-X Series. Cisco continues to evolve Cisco IOS Software to support next-generation switching hardware and provide increased architectural flexibility to

deliver Cisco Borderless Networks services. Cisco IOS XE Software provides the following customer benefits:

- Cisco IOS XE Software provides an enhanced operating system that can take advantage of the multicore CPU architecture of the Cisco Catalyst 4500-X system.
- Cisco IOS XE enables single software image, without the need to download a separate software image per license feature set.
- Cisco IOS XE Software provides customer investment protection in the existing Cisco IOS Software by keeping a consistent feature set and operational look and feel. This supports a transparent migration experience.
- Cisco IOS XE Software supports service virtualization capability that allows the Cisco Catalyst 4500-X to host third-party applications in parallel with Cisco IOS Software. The hosted application communicates with Cisco IOS Software to use its rich feature sets. This benefit keeps Cisco IOS Software simple and robust while allowing the customer to quickly adopt new technologies using proven code. Cisco IOS XE Software enables Cisco Catalyst 4500-X to be an open service platform and is a primary anchor for future Cisco Borderless Networks innovations.

### **Simplified Operations through Automation**

As campus switching has grown to support increasing enterprise demands, so has the need to deploy and manage new and evolving technologies. Simplified operations are critical in meeting these challenges and achieving increased operational efficiency through proactive management and reduction in unplanned network downtime. The Cisco Catalyst 4500-X offers the following rich set of capabilities for simplified operations:

- Auto Install and AutoQoS for fast deployment
- Smart Install Director support for plug-and-play configuration and image-management
- Flexible NetFlow and IP SLA for enhanced visibility
- EEM integration with NetFlow and third-party applications
- Smart Call Home, Generic Online Diagnostic (GOLD), and Digital Optical Monitoring (DOM) for simplified operations
- Cisco EnergyWise for simplified and effective power management
- ISSU, SSO, and NSF for simplified change management and high availability for VSS enabled deployment
- Configuration rollback for improved configuration management

### **Best-in-Class Resiliency**

The Cisco Catalyst 4500-X Series is designed for excellent nonstop communications with non-interrupted hardware switching. With Cisco IOS XE Software, customers continue to reap the benefits of this best-in-class resiliency in various ways.

In addition to redundant power supplies and fans, the Cisco Catalyst 4500-X is Virtual Switching System (VSS).

Any two Cisco Catalyst 4500-X Series Switches can be pooled together into a VSS. The two switches are connected with 10 Gigabit Ethernet links called Virtual Switch Links (VSLs). Once a VSS is created, it acts as a single virtual Cisco Catalyst switch delivering the following benefits:

**Operational Manageability**

- Two Cisco Catalyst 4500-X Series Switches share a single point of management, single gateway IP address, and single routing instance.
- Eliminates the dependence on First Hop Redundancy Protocols (FHRP) and Spanning Tree Protocol.

**Scales to 1.6 Tbps**

- Scales system bandwidth capacity to 1.6 Tbps by activating all available bandwidth across redundant Cisco Catalyst 4500-X Series Switches.
- Provides up to 80 ports of 10 Gigabit Ethernet per system.

**Enhanced Application Visibility with Flexible NetFlow**

Cisco IOS Flexible NetFlow is the next generation in flow monitoring technology, allowing optimization of the network infrastructure resources, reducing operation costs, and improving capacity planning and security incident detection with increased flexibility and scalability. The Cisco Catalyst 4500-X Series provides 128K Flexible NetFlow entries. Based on a custom-built ASIC, Cisco Catalyst 4500-X Series delivers unprecedented flexibility and comprehensive flow visibility extending from Layer 2 (MAC, VLAN) to Layer 4 (TCP, UDP flags, and so on).

The flow data collected by Flexible NetFlow can be exported to an external collector for analysis and reporting or tracked by EEM. The Cisco Catalyst 4500-X Series enables powerful on-box and customizable event correlation and policy actions with EEM. This allows the switches to trigger customized event alarms or policy actions when the predefined condition is met. With no external appliance required, customers are able to use existing infrastructure to perform traffic monitoring, making traffic analysis economical even on large IP networks.

Additional details on Cisco Flexible NetFlow are available at: <http://www.cisco.com/go/fnf>.

**Features at a Glance**

- **Cisco IOS XE Software IP Base:** Includes all Layer 2 features and some basic Layer 3 features.
- **Cisco IOS XE Software Enterprise Services:** Upgradable with a Software Activation License (SAL); supports full Layer 3 protocols and advanced features such as complete routing scalability, Border Gateway Protocol (BGP), Virtual Routing and Forwarding, Policy-Based Routing, and so on.

These features can be enabled using the software-licensing mechanism. For details on software licensing, see “Licensing” section later in this document or visit <http://www.cisco.com/go/sa>.



## Industry Standards

- Ethernet: IEEE 802.3
- 10 Gigabit Ethernet: IEEE 802.3ae
- IEEE 802.1D Spanning Tree Protocol
- IEEE 802.1w Rapid Reconfiguration of Spanning Tree
- IEEE 802.1s Multiple VLAN Instances of Spanning Tree
- IEEE 802.3ad LACP
- IEEE 802.1p CoS Prioritization
- IEEE 802.1Q VLAN
- IEEE 802.1X User Authentication
- IEEE 802.1x-Rev
- RMON I and II standards
- USGv6 and IPv6 Gold Logo certified

## Supported Pluggables

For details about the different optical modules and the minimum Cisco IOS Software release required for each of the supported optical modules, visit: [http://www.cisco.com/en/US/products/hw/modules/ps5455/products\\_device\\_support\\_tables\\_list.html](http://www.cisco.com/en/US/products/hw/modules/ps5455/products_device_support_tables_list.html).

**Note:** SFP-10G-ZR modules are not supported on ports 1 to 32 (or 1 to 16) in the back-to-front airflow configuration. They are supported on the uplink module ports instead. In the back-to-front airflow configuration, limit usage of ZR optics to the uplink module only.

## Software Requirements

The Cisco Catalyst 4500-X Series is supported in Cisco IOS Software with minimum Cisco IOS XE Software Release 3.3.0SG. For VSS capability, minimum software requirement is Cisco IOS XE Software Release 3.4.0SG.

## Environmental Conditions

Table 2 lists environmental conditions for Cisco Catalyst 4500-X Series.

**Table 2.** Environmental Conditions for the Cisco Catalyst 4500-X Series

Parameter	Performance Range
Operating Temperature	0°C to 40°C (RH to 90%)
Storage Temperature	-40°C to 70°C (RH

Parameter	Performance Range
	93%)
<b>Operating Altitude</b>	60m below sea level to 3000m above sea level
<b>Relative Humidity</b>	Nonoperating Humidity: 95% RH
<b>Acoustic Noise Measured per ISO 7779 and Declared per ISO 9296 Bystander Positions Operating to an Ambient Temperature of 25°C</b>	Industrial Product: 65 dBA maximum
<b>RoHS</b>	Reduction of Hazardous Substances (ROHS) 5

## Power Information

Table 3 lists power information for Cisco Catalyst 4500-X Series.

**Table 3.** Power Supply Information for Cisco Catalyst 4500-X Series

Power Supply Feature	Support in the 4500-X Series
<b>AC Power Max Rating</b>	750W
<b>System Power Consumption</b>	330W nominal/400W max
<b>Input-Voltage Range and Frequency</b>	AC 100 to 240 VAC 50-60 Hz/DC -72 VDC to -40 VDC
<b>DC Power Max Rating</b>	750W
<b>AC to DC failover and vice versa</b>	Yes
<b>Total Output BTU (Note: 1000 BTU/hr = 293W)</b>	1122 BTU/hr (330 W) nominal/1365 BTU/hr (400 W) max
<b>Input Current</b>	AC 11A @ 110VAC, 6 A @ 200VAC/DC 25A Max
<b>Output Ratings</b>	12V @ 62A & 3.3V @ 3A
<b>Output Holdup Time</b>	AC = 16 ms; DC = 4 ms @ maximum load
<b>Power-Supply Input Receptacles</b>	AC IEC 60320 C15/DC Custom detachable

<b>Power Supply Feature</b>	<b>Support in the 4500-X Series</b>
	screw terminal (supplied)
<b>Power Cord Rating</b>	AC 15A/DC 25A

## MTBF Information

Table 4 lists mean-time-between-failures (MTBF) information for Cisco Catalyst 4500-X Series.

**Table 4.** MTBF Information for Cisco Catalyst 4500-X Series

<b>Product Number</b>	<b>Description</b>
<b>WS-C4500X-16SFP+</b>	209,330
<b>WS-C4500X-24X-ES</b>	209,330
<b>WS-C4500X-32SFP+</b>	199,720
<b>WS-C4500X-40X-ES</b>	199,720
<b>C4KX-NM-8SFP+</b>	2,286,500
<b>WS-C4500X-F-16SFP+</b>	209,330
<b>WS-C4500X-F-32SFP+</b>	199,720
<b>C4KX-FAN-F</b>	L10 Life 60,000 at 40C <sup>1</sup>
<b>C4KX-FAN-R</b>	L10 Life 60,000 at 40C
<b>C4KX-PWR-750AC-F</b>	1,045,265
<b>C4KX-PWR-750AC-R</b>	1,045,265
<b>C4KX-PWR-750DC-F</b>	443,423
<b>C4KX-PWR-750DC-R</b>	443,423

<sup>1</sup> Since fan is an electro-mechanical device it doesn't follow electronics failure mode. L10 life means the time 10% of total PS population will fail at a particular temperature.

## Regulatory Standards Compliance

Table 5 shows regulatory standards compliance information, and Table 6 provides ordering information.

**Table 5.** Cisco Catalyst 4500-X Regulatory Standards Compliance

Standard	Specification
<b>Regulatory Compliance</b>	CE marking
<b>EMI and EMC Compliance</b>	47CFR Part 15 (CFR 47) Class A AS/NZS CISPR22 Class A CISPR22 Class A EN55022 Class A ICES003 Class A VCCI Class A EN61000-3-2 EN61000-3-3 KN22 Class A CNS13438 Class A EN55024 CISPR24 EN300386 KN24
<b>Safety Certifications</b>	UL 60950-1 Second Edition CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1 Second Edition EN 60950-1 Second Edition IEC 60950-1 Second Edition AS/NZS 60950-1
<b>Industry EMC, Safety, and Environmental Standards</b>	GR-63-Core Network Equipment Building Systems (NEBS) Level 3 GR-1089-Core Level 3

**Table 6.** Ordering Information

Product Number	Description
<b>Base Switch PIDs</b>	
<b>WS-C4500X-16SFP+</b>	Catalyst 4500-X 16 Port 10GE IP Base, Front-to-Back Cooling, No P/S
<b>WS-C4500X-24X-IPB</b>	Catalyst 4500-X 24 Port 10GE IP Base, Front-to-Back Cooling, No P/S

Product Number	Description
<b>WS-C4500X-24X-ES</b>	Catalyst 4500-X 24 Port 10GE Enterprise Services, Front-to-Back Cooling, No P/S
<b>WS-C4500X-32SFP+</b>	Catalyst 4500-X 32 Port 10GE IP Base, Front-to-Back Cooling, No P/S
<b>WS-C4500X-40X-ES</b>	Catalyst 4500-X 40 Port 10GE Enterprise Services, Front-to-Back Cooling, No P/S
<b>C4KX-NM-8SFP+</b>	Catalyst 4500-X 8 Port 10GE Network Module
<b>WS-C4500X-F-16SFP+</b>	Catalyst 4500-X 16 Port 10GE IP Base, Back-to-Front Cooling, No P/S
<b>WS-C4500X-F-32SFP+</b>	Catalyst 4500-X 32 Port 10GE IP Base, Back-to-Front Cooling, No P/S
<b>FRU and OIR FANs</b>	
<b>C4KX-FAN-F</b>	Catalyst 4500-X Back-to-Front Cooling Fan
<b>C4KX-FAN-R</b>	Catalyst 4500-X Front-to-Back Cooling Fan
<b>Power Supply</b>	
<b>C4KX-PWR-750AC-F</b>	Catalyst 4500-X 750W AC Back-to-Front Cooling Power Supply
<b>C4KX-PWR-750AC-R</b>	Catalyst 4500-X 750W AC Front-to-Back Cooling Power Supply
<b>C4KX-PWR-750DC-F</b>	Catalyst 4500-X 750W DC Back-to-Front Cooling Power Supply
<b>C4KX-PWR-750DC-R</b>	Catalyst 4500-X 750W DC Front-to-Back Cooling Power Supply
<b>Accessories</b>	
<b>CAB-CON-C4K-RJ45</b>	Console Cable 6ft with RJ-45-to-RJ-45
<b>SD-X45-2GB-E</b>	Cisco Catalyst 4500 2-GB SD card
<b>USB-X45-4GB-E</b>	Cisco Catalyst 4500 4-GB USB device

Product Number	Description
<b>Software</b>	
<b>S45XU-33-1511SG</b>	Cisco IOS Software XE Release 3.3.0 SG non-crypto universal image for Cisco Catalyst 4500-X 32-port and 40-port models
<b>S45XUK9-33-1511SG</b>	Cisco IOS Software XE Release 3.3.0 SG crypto universal image for Cisco Catalyst 4500-X 32-port and 40-port models
<b>S45XU-331-1511SG</b>	Cisco IOS Software XE Release 3.3.1 SG non-crypto universal image for Cisco Catalyst 4500-X 16-port and 24-port models
<b>S45XUK9-331-1511SG</b>	Cisco IOS Software XE Release 3.3.1 SG crypto universal image for Cisco Catalyst 4500-X 16-port and 24-port models
<b>S45XU-34-1512SG</b>	Cisco IOS Software XE Release 3.4.0 SG non-crypto universal image for all Cisco Catalyst 4500-X models
<b>S45XUK9-34-1512SG</b>	Cisco IOS Software XE Release 3.4.0 SG crypto universal image for all Cisco Catalyst 4500-X models
<b>C4500X-LIC=</b>	Base product ID for software upgrade licenses on Catalyst 4500-X (paper delivery)
<b>C4500X-IPB</b>	Catalyst 4500-X IP BASE software license (paper delivery)
<b>C4500X-16P-IP-ES</b>	Catalyst 4500-X IP BASE to Enterprise Services upgrade license (paper delivery) for 16-port and 24-port models
<b>C4500X-IP-ES</b>	Catalyst 4500-X IP BASE to Enterprise Services upgrade license (paper delivery) for 32-port and 40-port models
<b>L-C4500X-LIC=</b>	Catalyst 4500-X Base product ID for software upgrade licenses (electronic delivery)
<b>L-C4500X-IPB</b>	Catalyst 4500-X IP BASE software license (electronic delivery)
<b>L-C4500X-16P-IP-ES</b>	Catalyst 4500-X IP BASE to Enterprise Services upgrade license (electronic delivery) for 16-port and 24-port models
<b>L-C4500X-IP-ES</b>	Catalyst 4500-X IP BASE to Enterprise Services upgrade license (electronic delivery) for 32-port and 40-port models

## Licensing

### Software Activation Licensing

The Cisco Catalyst 4500-X Series enables software activation licensing. Each Cisco Catalyst 4500-X Series ships with a universal image containing all feature sets, IP Base and Enterprise Services. The level of functionality is determined by the license applied.

The software activation licensing enables customers to:

- Speed deployment and roll out new Cisco software activation feature sets across global networks
- Centrally and more accurately manage and track software and license compliance
- Easily conduct software compliance audits to meet regulations without affecting network operations

Additional benefits of Cisco activation licensing include:

- Operational simplicity
  - Simplified upgrades and license transfers save time and improve productivity. You can add new capabilities simply by using a license file.
  - You can easily track software assets, licenses, and feature set status.
  - A single software image improves service delivery.
- Ease of ordering:
  - “Try and buy” lets you use a temporary license to try and evaluate new Cisco IOS Software functionality before purchasing.
  - Pay-as-you-grow software key enables new features incrementally without service calls.

For more information about Cisco software licensing, visit: <http://www.cisco.com/go/sa>.

#### Cisco Limited Lifetime Hardware Warranty

The Cisco limited lifetime hardware warranty (LLW) includes 10-day advance hardware replacement for as long as the original end user owns the product. Table 7 describes the Cisco limited lifetime hardware warranty.

The formal warranty statement, including the warranty applicable to Cisco software, appears in the Cisco information packet that accompanies your Cisco product. We encourage you to review carefully the warranty statement shipped with your specific product before use.

For additional information on warranty terms, visit: <http://www.cisco.com/go/warranty>.

#### **Table 7.** Cisco Limited Lifetime Hardware Warranty

Warranty Terms	Description <sup>1</sup>
<b>Warranty Duration</b>	As long as the original end user continues to own or use the product.
<b>EoL Policy</b>	In the event of discontinuance of product manufacture, Cisco warranty support is limited to 5 years from the announcement of discontinuance.
<b>Hardware Replacement</b>	Cisco or its service center will use commercially reasonable efforts to ship a replacement part within 10 business days after receipt of the RMA request and confirmation that a replacement part is the appropriate response. Actual delivery times may vary depending on customer location.
<b>Effective Date</b>	Hardware warranty commences from the date of shipment to the customer (and in case of resale by a Cisco reseller, not more than 90 days after original shipment by Cisco).
<b>Cisco Technical Assistance Center (TAC) Support</b>	None.
<b>Cisco.com Access</b>	Warranty allows guest access only to Cisco.com.

<sup>1</sup> Cisco reserves the right to refund the purchase price as its exclusive warranty remedy.

Adding a Cisco Technical Services contract to your device coverage provides benefits not available through the warranty, including access to the Cisco Technical Assistance Center (TAC), a variety of hardware replacement options to meet critical business needs, updates for licensed Cisco IOS Software, and registered access to the extensive Cisco.com knowledge base and support tools. Choose from a flexible suite of support services designed to meet your business needs and help you maintain high-quality network performance while controlling operational costs. Table 8 describes the benefits and features of Cisco Technical Services. For more information about Cisco Technical Services, visit: <http://www.cisco.com/go/ts>.

**Table 8.** Cisco Technical Services for Cisco Catalyst 4500-X Series Switches

Technical Services
<p><b>Cisco SMARTnet<sup>®</sup> Service</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Around-the-clock, global access to the Cisco TAC</li> <li>● Unrestricted access to the extensive Cisco.com resources, communities, and tools</li> <li>● Next-business-day, 8x5x4, 24x7x4, and 24x7x2 advance hardware replacement<sup>2</sup> and onsite parts replacement and installation available</li> <li>● Ongoing operating system software updates within the licensed feature set<sup>1</sup></li> <li>● Proactive diagnostics and real-time alerts on Smart Call Home-enabled devices</li> </ul>



## Technical Services

### Cisco Smart Foundation Service

- Next-business day advance hardware replacement as available
- Business hours access to small and medium-sized business (SMB) TAC (access levels vary by region)
- Access to Cisco.com SMB knowledge base
- Online technical resources through Cisco Smart Foundation Portal
- Operating system software bug fixes and patches

### Cisco Focused Technical Support Services

Three levels of premium, high-touch services are available:

- Cisco High-Touch Operations Management Service
- Cisco High-Touch Technical Support Service
- Cisco High-Touch Engineering Service

Valid Cisco SMARTnet Service or service provider base contracts on all network equipment are required.

### Footnotes:

<sup>1</sup>. Cisco operating system updates include the following: maintenance releases, minor updates, and major updates within the licensed feature set.

<sup>2</sup>. Advance hardware replacement is available in various service-level combinations. For example, 8x5xNBD indicates that shipment will be initiated during the standard 8-hour business day, 5 days a week (the generally accepted business days within the relevant region), with next business day (NBD) delivery. Where NBD is not available, same day ship is provided. Restrictions apply; please review the appropriate service descriptions for details.

Cisco and Partner Services

Enable the innovative, secure, intelligent edge in Cisco Borderless Network Architecture using personalized services from Cisco and our partners. Through a discovery process that begins with understanding your business objectives, we help you integrate the next-generation Cisco Catalyst 4500-X Series Switches into your architecture and incorporate network services onto that platform. Sharing knowledge and leading practices, we support your success every step of the way as you deploy, absorb, manage, and scale new technology.

For additional information about Cisco services, visit:

<http://www.cisco.com/go/services>.

### A.3. APC Smart-UPS SRT 5000VA 230V. Modelo ES-SRT5KXLI.

#### Salida

**Capacidad de Potencia de Salida:** 4500 Vatios / 5000 VA

**Max Potencia Configurable:** 4500 Vatios / 5000 VA

**Voltaje de salida nominal:** 230V

**Distorsión de Voltaje de Salida:** Inferior al 2%

**Frecuencia de salida (sincronizado para principales):** 50/60 Hz +/- 3 Hz

**Otras tensiones de salida:** 220, 240

**Factor Cresta:** 3: 1

**Topología:** Online de doble conversión

**Tipo de forma de onda:** Onda senoidal

**Conexiones de salida**

(6) IEC 320 C13



(4) IEC 320 C19



(2) IEC Jumpers

**Derivación:** Derivación Interna (Automática y Manual)

#### Entrada

**Voltaje Nominal de Entrada:** 230V

**Frecuencia de entrada:** 40 - 70 Hz (autodetección)

**Tipo de Conexión de Entrada:** Hard Wire 3 wire (1PH+N+G)

**Rango de voltaje de entrada en operaciones principales:** 160 - 275V

**Rango de voltaje ajustable para operaciones principales:** 100 - 275 (half load)V

**Otras tensiones de entrada:** 220, 240

#### Baterías y tiempo de autonomía

**Tipo de batería:** Batería de plomo-ácido, hermética y sin mantenimiento con electrolito suspendido: estanca

**Módulos de baterías incluidos:** 2

**Tiempo típico de recarga:** 1.50 hour(s)

**Batería de sustitución (solo técnicos del centro de servicio):** APCRBC140

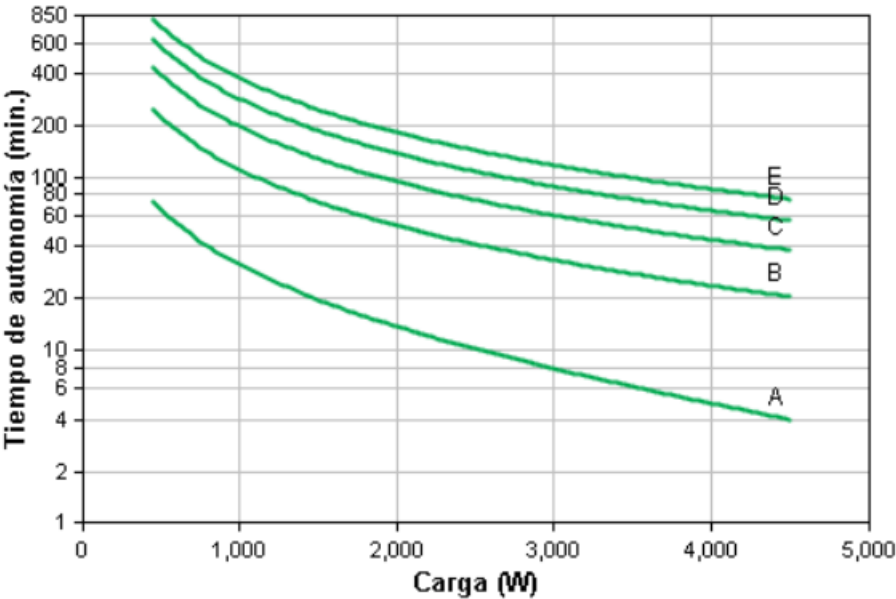
**Cantidad de RBC™:** 1

**Opciones de servicio prolongadas para:** APC Smart-UPS SRT 5000VA 230V

**Gráfico de tiempo de ejecución**

Curve	Part Number(s)
A	SRT5KXLI
B	SRT5KXLI

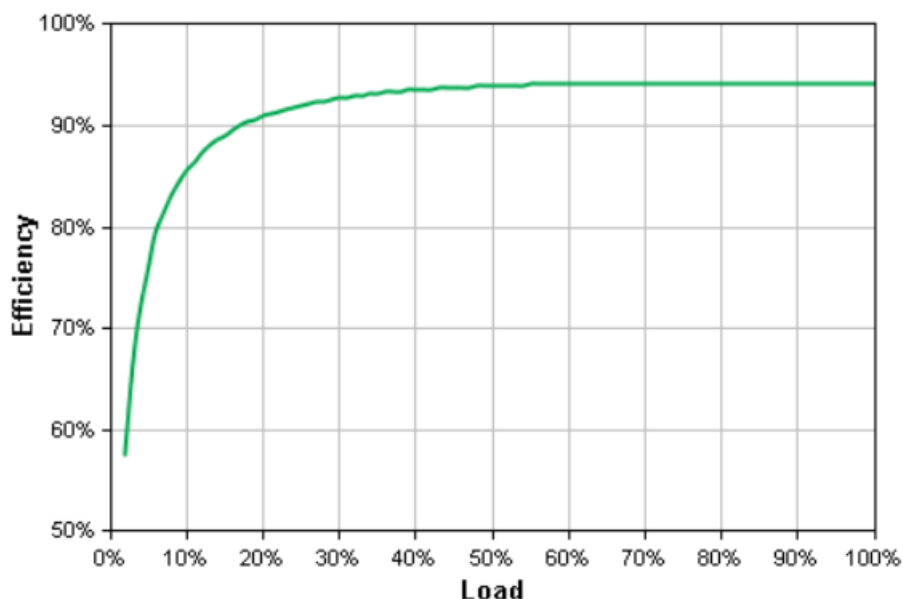
	+ (1)SRT192BP
C	SRT5KXLI + (2)SRT192BP
D	SRT5KXLI + (3)SRT192BP
E	SRT5KXLI + (4)SRT192BP



Curva ajustada a los datos de tiempo de ejecución medidos. Todas las mediciones realizadas con baterías nuevas y cargadas, en condiciones ambientales normales, sin entrada eléctrica ni salida de carga resistiva.

Uso de energía/eficiencia

Load	Efficiency
25%	92.0%
50%	94.0%
75%	94.2%
100%	94.1%



Ajuste de curva a datos medidos de acuerdo con la ENERGY STAR Program Requirements Product Specification for Uninterruptible Power Supplies (UPSs) (especificación de producto de los requisitos de programa para sistemas de alimentación ininterrumpida [SAI]). Criterios de elegibilidad, versión 1.0. Todas las mediciones se realizan en los modos normales, en condiciones ambientales típicas, con una entrada eléctrica de 230 V/50 Hz y una salida de carga resistiva balanceada (PF = 1,0).

## Comunicaciones & Gestión

**Puerto Interfaz:** Cierre de contacto, RJ-45 10/100 Base-T, RJ-45 serie, Smart-Slot, USB

**Interfaces SmartSlot™ disponibles:** 1

**Panel de Control:** Consola de estado y control LCD multifunción

**Alarma Acústica:** Alarmas sonoras y visuales priorizadas por gravedad

**Desconexión de Emergencia (EPO):** Yes

## Protección y Filtro contra Picos de Voltaje

**Medición de Energía de Picos de Voltaje (Julios):** 480 Julios

## Descripción física

**Altura máxima:** 432.00 mm

**Anchura máxima:** 130.00 mm

**Profundidad máxima:** 719.00 mm

**Peso neto:** 54.43 KG

**Peso de envío:** 63.60 KG

**Altura de Envío:** 330.00 mm

**Anchura de Envío:** 610.00 mm

**Profundidad de envío:** 960.00 mm

**Color:** Negro

**Unidades en Palet:** 6.00

## Descripción medioambiental

**Temperatura de trabajo:** 0 - 40 °C

**Humedad Relativa de Trabajo:** 0 - 95% no%

**Elevación de Trabajo:** 0-3000 metros

**Temperatura de Almacenamiento:** -15 - 45 °C

**Humedad Relativa de Almacenamiento:** 0 - 95% no%

**Elevación de Almacenamiento:** 0-15000 metros

**Ruido perceptible a 1 metro desde la superficie de la unidad:** 55.00 dBA

**Disipación térmica online:** 931.00 BTU/h

**Protection Class:** IP 20

## Conformidad

**Aceptaciones:** C-tick, CE, Marcado CE, EAC, EN 50091-1, EN 50091-2, ENERGY STAR (EU), IEC 60950, IEC 62040-2, IRAM, VDE

**Garantía estándar:** 3 años para la reparación o sustitución (batería no incluida) y 2 años para la batería

## Estado de oferta sostenible

**RoHS:** Conforme

**ALCANCE:** no contiene sustancias extremadamente preocupantes

## SRT5KXLI Características Generales

### Pantalla de gráficos LCD

Texto y diagramas mímicos que muestran modos de operación, parámetros de sistema y alarmas.

### Conexión 10/100 BaseT

Conecte el dispositivo a una red utilizando una conexión BaseT 10 o 100

### Modo verde

Modo de funcionamiento pendiente de patente que deriva los componentes eléctricos no utilizados en buenas condiciones para conseguir una elevada eficiencia de funcionamiento sin sacrificar la protección.

### Notificación de fallo de batería

Presenta notificación precoz de errores de las baterías permitiendo el mantenimiento preventivo a tiempo

## Smart-UPS On-Line Características y Ventajas

## Disponibilidad

### **Bypass interno automático**

Suministra energía eléctrica a las cargas conectadas en caso de que se produzca una situación de sobrecarga o avería del SAI.

### **Tiempo de autonomía escalable**

Permite añadir rápidamente más tiempo de autonomía cuando es necesario.

### **Gestión inteligente de la batería**

Aumenta el rendimiento, la duración y la fiabilidad de las baterías mediante la carga inteligente y de precisión.

### **Baterías reemplazables en caliente**

Garantiza una energía limpia e ininterrumpida para proteger el equipo mientras se cambian las baterías

### **Arranque automático de las cargas después del cierre del SAI**

Pone en marcha automáticamente el equipo conectado al recuperarse el suministro eléctrico.

### **Carga de baterías con temperatura compensada**

Prolonga la vida de la batería regulando la tensión de carga de acuerdo con la temperatura real de la batería.

## Capacidad de gestión

### **Gestionable por red**

Permite gestionar de forma remota el SAI a través de la red.

### **Compatible con InfraStruXure Manager**

Permite la gestión centralizada a través de InfraStruXure Manager de APC.

### **SmartSlot**

Adapta las capacidades del SAI con tarjetas de gestión.

### **Indicadores LED de estado**

Verifique rápidamente el estado de la unidad y de la alimentación mediante indicadores ópticos.

### **Conectividad en serie**

Proporciona el control del SAI por medio de una puerta serie.

## Adaptabilidad

### **Baterías externas Plug-and-Play**

Garantiza el suministro eléctrico limpio e ininterrumpido cuando se añade tiempo de autonomía adicional al SAI.

### **Convertible en torre/rack**

Protege la inversión inicial en el SAI al migrar de entornos de torre al montaje en rack.

### **Firmware actualizable por flash**

Instale las actualizaciones de firmware de mantenimiento de forma remota a través del FTP.

## Facilidad de reparación y mantenimiento

### **Baterías reemplazables por el usuario**

Aumenta la disponibilidad permitiéndole a un usuario experto realizar mejoras y reemplazos de las baterías reduciendo el Tiempo Medio de Reparaciones (MTTR)

### **Comprobación automática**

La autocomprobación periódica de la batería le garantiza una detección precoz de la necesidad de reparar una batería.

### **Notificación de la predicción de fallos**

Presenta notificación precoz de análisis de fallos para garantizar la sustitución proactiva de componentes.

**Notificación de batería desconectada**

Avisa cuando una batería no puede ofrecer alimentación de reserva.

**Alarmas sonoras**

El sistema le notificará los cambios que se produzcan en el estado del SAI y de la red eléctrica.

**Protección****Regulación de frecuencia y tensión**

Ofrece más disponibilidad al corregir las condiciones de frecuencia y tensión de mala calidad sin utilizar la carga de las baterías.

**Acondicionamiento del suministro eléctrico**

Protege las cargas conectadas de sobretensiones, picos, rayos y otras perturbaciones eléctricas.

**Corrección del factor de potencia de entrada**

Reduce al mínimo los costes de instalación permitiendo usar generadores y cableados más pequeños.

**Compatible con generador**

Garantiza un suministro eléctrico limpio e ininterrumpido al equipo protegido cuando se usa la alimentación del generador.

**Capacidad de arranque en frío**

Proporciona una batería temporal cuando la energía se ha agotado.

**Interruptor de circuito reajutable**

Fácil recuperación de sobrecargas; no es necesario cambiar un fusible.

**Aprobado por agencia de seguridad**

Garantiza la comprobación del producto y aprobación para funcionar de forma segura con las cargas conectadas y en el entorno concreto.

## A.4. Repartidores I700

Estos **Racks de 19 pulgadas** están pensados para organizar, de una forma moderna y elegante, cualquier sistema de Cableado, equipamiento activo y equipamiento estructural Standard.

La variedad de dimensiones, alturas, fondos, anchos, materiales y puertas así como de accesorios hacen de este producto uno de los más competitivos del mercado, adaptándose de una forma práctica y eficiente a cualquier entorno.

Nuestros armarios cumplen las más exigentes normativas Europeas e internacionales de nivel de protección y medidas.



### Serie I-700

#### Directivas CEE

- Directiva CEE de baja tensión 73/23/CEE y sus modificaciones.
- Directiva CEE de compatibilidad electromagnética 89/336/CEE y sus modificaciones.

#### Normas armonizadas aplicadas

- |                    |                     |
|--------------------|---------------------|
| - UNE-EN 60950-1.  | - UNE-EN 61000-4-4  |
| - UNE-EN 55022:00  | - UNE-EN 61000-4-5  |
| - UNE-EN 61000-3-2 | - UNE-EN 61000-4-6  |
| - UNE-EN 61000-3-3 | - UNE-EN 61000-4-8  |
| - UNE-EN 61000-4-2 | - UNE-EN 61000-4-11 |
| - UNE-EN 61000-4-3 |                     |



## Especificaciones técnicas

### General

- Diseñado para la Instalación de servidores y sistemas de cableado estructurado.
- Dispone de organizadores laterales para el cableado y ventanas protectoras que permiten el acceso del cableado hacia el interior del armario protegiéndolo del roce con la chapa.
- Dispone de 4 perfiles de 19 pulgadas desplazables en profundidad permitiendo el retranqueo de los mismos, dejando un mayor espacio en la puerta frontal y trasera.
- Todos los elementos estructurales que constituyen el armario, disponen de perforaciones para permitir una adecuada ventilación interior.



### Composición:

- Bastidor de acero con 4 verticales de 1,5 mm para armado de estructura.
- Reductores de 100 mm para ancho 800 mm permiten organizar el cableado y acceso interior del mismo.
- Zócalo superior e inferior de acero de 1,5 mm.
- Dispone de 6 soportes de fondo en acero 1,5 mm para el montaje de perfiles y la posibilidad de desplazarlos.
- Dispone perfiles de 19 pulgadas desplazables en acero de 2 mm de espesor.
- Paneles laterales accesibles de acero de 1,2 mm de espesor con posibilidad de cerradura.
- Techo con ranuras de ventilación superior lateral frontal y trasero en acero de 1,2 mm de espesor.
- Puerta frontal de chapa metálica o cristal de seguridad parsol tintado en color gris de 4 mm. de espesor, encastrado en perfiles metálicos con cerradura y ranuras de ventilación, cerradura incluida.
- Puerta trasera con cerradura construido en chapa de acero de 1,2 mm de espesor.
- Patas niveladoras de baquelita negra flexible, con espárrago M 10 y extensible para nivelar el armario.

### Acceso físico:

- Acceso frontal por puerta de chapa o cristal con marcos laterales y cerradura.
- Acceso posterior trasero por puerta de acero ranurada montada sobre el panel inferior.

### Entrada de cables:

- Por el zócalo, techo central, parte frontal y trasera, además otro acceso por la parte trasera inferior o superior.

### Tratamiento:

- Proceso de pintura en polvo, desengrasado, fosfatado, secado al horno, acabados color RAL7035 y RAL7016 micro-texturado.

### Toma de tierra:

- Por tornillo electro soldado de cobre de M 6 en cada una de las partes de su estructura

### Accesorios armario rack opcionales:



### Modelos estandar I-700:

- Alturas: 17U, 22U, 27U, 32U, 37U, 42U, 47U
- Anchos: 600 mm , 800 mm
- Fondos: 600 mm , 800 mm , 900 mm (42U) y 1000 mm (27U, 32U, 42U y 47U)
- Puertas: Dobles y simples en cristal y chapa
- Colores: Gris Claro (Ral 7035) y Negro Antracita (Ral 7016)

## Bibliografía

- [1] Norma UNE 157001. *Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico*
- [2] UNE-EN 50173-1. *Tecnología de la información. Sistemas de cableado genérico. Parte 1: Requisitos generales.*
- [3] UNE-EN 50173-2. *Tecnología de la información. Sistemas de cableado genérico. Parte 2: Edificios de oficina.*
- [4] UNE-EN 50174-1. *Tecnología de la información. Instalación del cableado. Parte 1: Especificación y aseguramiento de la calidad.*
- [5] UNE-EN 50174-2. *Tecnología de la información. Instalación del cableado. Parte 2: Métodos y planificación de la instalación en el interior de los edificios.*
- [6] UNE-EN 50174-3. *Tecnología de la información. Instalación del cableado. Parte 3: Métodos y planificación de la instalación en el exterior de edificios.*
- [7] Cisco Systems, Inc. *Cisco Catalyst 2960-X Series Switches Data Sheet* [en línea]. Disponible en: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-2960-x-series-switches/data\\_sheet\\_c78-728232.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-2960-x-series-switches/data_sheet_c78-728232.html).
- [8] Cisco Systems, Inc. *Cisco Catalyst 3850 Series Switches Data Sheet* [en línea]. Disponible en: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3850-series-switches/data\\_sheet\\_c78-720918.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-3850-series-switches/data_sheet_c78-720918.html).
- [9] HP Store España. *HP 2530-48G* [en línea]. Disponible en: [http://www8.hp.com/es/es/products/networking-switches/product-detail.html?oid=5333809&jumpid=reg\\_r1002\\_eses\\_c-001\\_title\\_r0009](http://www8.hp.com/es/es/products/networking-switches/product-detail.html?oid=5333809&jumpid=reg_r1002_eses_c-001_title_r0009)
- [10] Cisco Systems, Inc. *Cisco Catalyst 4500-X Series Fixed 10 Gigabit Ethernet Aggregation Switch Data Sheet* [en línea]. Disponible en: [http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-4500-x-series-switches/data\\_sheet\\_c78-696791.html](http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/switches/catalyst-4500-x-series-switches/data_sheet_c78-696791.html).
- [11] HP Store España. *Switch HP 5920AF-24XG(JG296A)* [en línea]. Disponible en: <http://www8.hp.com/es/es/products/networking-switches/product-detail.html?oid=5230044#!tab=specs>.
- [12] Netgear. *Serie M7300* [en línea]. Disponible en: <http://www.netgear.es/business/products/switches/managed/m7300.aspx#tab-especificacionest%C3%A9nicas>
- [13] APC. *UPS APC ES-SRT5KXLI* [en línea]. Disponible en: [http://www.apc.com/products/resource/include/techspec\\_index.cfm?ISOCountryCode=ES&base\\_sku=SRT5KXLI&tab=models](http://www.apc.com/products/resource/include/techspec_index.cfm?ISOCountryCode=ES&base_sku=SRT5KXLI&tab=models)

- [14] Eaton. *UPS Eaton 9PX5KiRTN* [en línea]. Disponible en: <http://powerquality.eaton.com/9PX5KiRTN.aspx?CX=97&cmx=231>
- [15] CyberPower. *UPS CyberPower PR6000ELCDRTL2U* [en línea]. Disponible en: <http://todosai.com/home/115-SAI-CyberPower-Smart-App-Professional-Rackmount-6000VA---4500W-XL--sinusoidal--GreenPower--PR6000ELCDRTL2U.html>
- [16] William Stallings. *Comunicaciones y redes de computadores*. Séptima edición. PEARSON EDUCACIÓN, S.A. 2004
- [17] Ramón Jesús Millán, Shirin Esfandiari. “Tecnologías 40 y 100 Gigabit Ethernet”. *Revista BIT*. N° 179, 2010. Disponible en: <http://www.ramonmillan.com/tutoriales/100gigabitethernet.php>
- [18] Cisco Certified Network Associate (CCNA). Módulo 2. *Capítulo 2: Configuración y conceptos básicos de switching*.
- [19] Cisco Certified Network Associate (CCNA). Módulo 2. *Capítulo 3: VLAN*
- [20] Cisco Certified Network Associate (CCNA). Módulo 3. *Capítulo 2: Redundancia de LAN*
- [21] Samuel Álvarez Gonzáles, Jenaro Bejarano García, Esther Álvarez Gonzáles, Pablo Carrasco Pérez de Mendiola. *El Proyecto Telemático: Sistemas de Cableado Estructurado (SCE) y Proyectos de Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT)*. 2ª Edición. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, 2006.
- [22] DIGITUS. *Cableado de Categoría 6A* [en línea]. Disponible en: [https://www.brand-rex.es/sites/default/files/Documents/cables\\_de\\_cobre\\_de\\_brand-rex-10gplus\\_cable\\_de\\_comunicacion\\_s\\_ftp.pdf](https://www.brand-rex.es/sites/default/files/Documents/cables_de_cobre_de_brand-rex-10gplus_cable_de_comunicacion_s_ftp.pdf)
- [23] OPENETICS. *Conectores RJ-49* [en línea]. Disponible en: <http://www.ingesdata.com/p.2196.0.0.1.1-conector-cat-6a-macho-ftp-rj49-para-cable-flexible.html>
- [24] LightMax. *Fibra óptica* [en línea]. Disponible en: <http://lightmax.es/index.php?mod=eCommerce&ext=groupcables&id=46>
- [25] DIGITUS. Latiguillos de fibra óptica [en línea]. Disponible en: <http://www.conetica.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=267&codProducto=DGT-DK-2533-01%2F3&cPath=184>
- [26] DIGITUS. Placa de pared 80x80 DIGITUS FTP 2 RJ45 [en línea]. Disponible en: <http://www.conetica.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&idTienda=267&codProducto=DGT-DN-9007&cPath=554>
- [27] RackOnline Repartidores Serie I700 [en línea]. Disponible en: <http://www.rackonline.es/armario-rack-i700-27u/rack-19-i700-27u-600-x-800.html>

- [28] Cables For Less. Patch panel fibra óptica 24 puertos [en línea]. Disponible en: <http://www.cablesforless.com/24-Port-Multimode-LC-Duplex-1U-Sliding-Patch-Panel-w-Fiber-Management-Kit-P7077.aspx>
- [29] Ultra Spec. Patch panel fibra óptica 12 puertos [en línea]. Disponible en: <http://store.ultraspec.us/patchpanel-12pt-unl-lc-mm-19in.html>
- [30] Primus Cable. Patch panel de cableado horizontal [en línea]. Disponible en: <http://www.primuscable.com/store/p/8791-CAT-6A-Patch-Panel-48-Port-1U-Shielded-High-Density.aspx>
- [31] SFP cables. Módulo SFP-10G-SR [en línea]. Disponible en: <http://store.sfp cables.com/10gsfp-transceiver-axs85-192-m3>
- [32] 3DIDshop. Canal de 2 metros sin marca de 101x50 mm [en línea]. Disponible en: [http://www.3didshop.com/canal\\_101x50mm.html](http://www.3didshop.com/canal_101x50mm.html)
- [33] 3DIDshop. Ángulos interiores para canal de 101x50 mm [en línea]. Disponible en: [http://www.3didshop.com/angulo\\_interior\\_canal\\_101x50.html](http://www.3didshop.com/angulo_interior_canal_101x50.html)
- [34] 3DIDshop. Ángulos exteriores para canal de 101x50 mm [en línea]. Disponible en: [http://www.3didshop.com/angulo\\_exterior\\_canal\\_101x50.html](http://www.3didshop.com/angulo_exterior_canal_101x50.html)
- [35] 3DIDshop. Tapas de canal de 101x50 mm [en línea]. Disponible en: [http://www.3didshop.com/tapa\\_final\\_canal\\_101x50\\_%28pack\\_2\\_ud%29.html](http://www.3didshop.com/tapa_final_canal_101x50_%28pack_2_ud%29.html)
- [36] 3DIDshop. Ángulos planos para canal de 101x50 mm [en línea]. Disponible en: [http://www.3didshop.com/angulo\\_plano\\_canal\\_101x50.html](http://www.3didshop.com/angulo_plano_canal_101x50.html)
- [37] 3DIDshop. Derivador T para canal de 101x50 mm [en línea]. Disponible en: [http://www.3didshop.com/derivador\\_t.\\_canal\\_101x50.html](http://www.3didshop.com/derivador_t._canal_101x50.html)
- [38] 3DIDshop. Canal pisable de 77x19 mm [en línea]. Disponible en: [http://www.3didshop.com/canal\\_pisable\\_77x19.html](http://www.3didshop.com/canal_pisable_77x19.html)